



Espacenet

Bibliographic data: JP2004193201 (A) — 2004-07-08**LASER IRRADIATION METHOD**

Inventor(s): YAMAZAKI SHUNPEI; SHIBATA HIROSHI; TANAKA KOICHIRO; HIROKI MASAACKI; AKIBA MAI ±

Applicant(s): SEMICONDUCTOR ENERGY LAB ±

H01L21/20; H01L21/268;

H01L21/336; H01L29/786; (IPC1-7): H01L21/20; H01L21/268; H01L21/336; H01L29/786

- European:

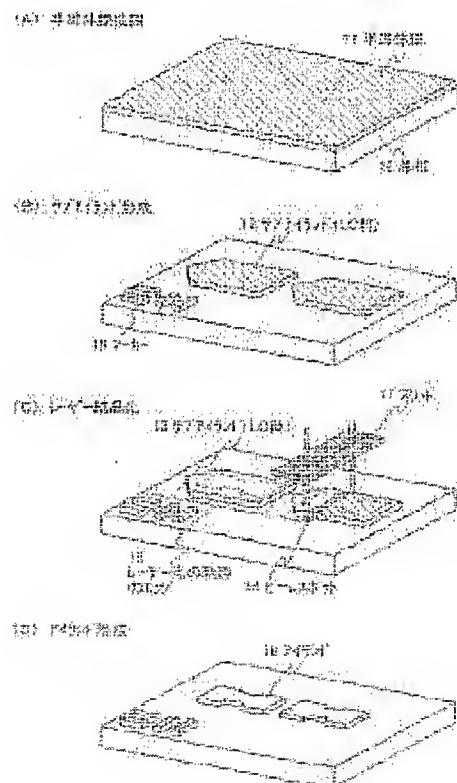
Application number: JP20020356604 20021209

Priority number (s): JP20020356604 20021209

Abstract of JP2004193201 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the manufacturing method or the laser irradiation method of a semiconductor device using a laser crystallization method for efficiently improving a substrate processing. ; **SOLUTION:** An island-like semiconductor film (sub-island) comprising a single island or a plurality of islands is formed by patterning. Crystallinity of the sub-island is improved by irradiation of a laser beam and the sub-island is patterned so as to form the island. A scanning route of the laser beam on a substrate is decided from pattern information of the sub-island so that the sub-island is irradiated with the laser beam. Namely, not the whole substrate is irradiated with the laser beam but the laser beam is scanned so that at least an indispensable part can be crystallized. ;

COPYRIGHT: (C)2004,JPO&NCIPI



Last updated:
5.12.2011 Worldwide Database 5.7.31;
92p

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-193201

(P2004-193201A)

(43) 公開日 平成16年7月8日(2004.7.8)

(51) Int.C1.⁷
H01L 21/268
H01L 21/20
H01L 21/336
H01L 29/786

F 1
H01L 21/268
H01L 21/268
H01L 21/20
H01L 29/78 627G

テーマコード(参考)
5F052
5F110

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 55 頁)

(21) 出願番号 特願2002-356604 (P2002-356604)
(22) 出願日 平成14年12月9日 (2002.12.9)
(62) 分割の表示 特願2002-356339 (P2002-356339)
の分割
原出願日 平成14年12月9日 (2002.12.9)

(71) 出願人 000153878
株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷398番地
(72) 発明者 山崎 肇平
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
半導体エネルギー研究所内
(72) 発明者 柴田 寛
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
半導体エネルギー研究所内
(72) 発明者 田中 幸一郎
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
半導体エネルギー研究所内
(72) 発明者 ▲ひろ▼木 正明
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
半導体エネルギー研究所内

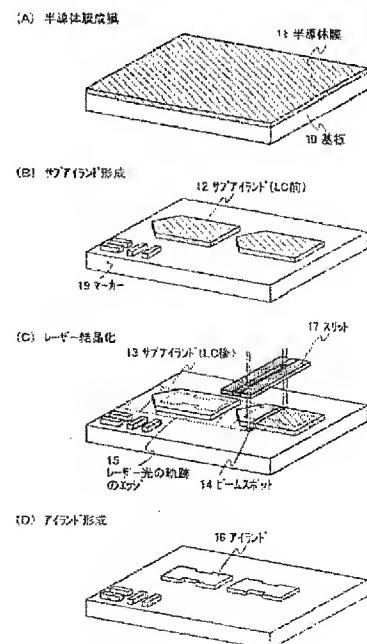
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー照射方法

(57) 【要約】

【課題】 基板処理の効率を高めることができるレーザー結晶化法を用いた半導体装置の作製方法またはレーザー照射方法の提供を課題とする。

【解決手段】 アイランドを単数または複数含む島状の半導体膜(サブアイランド)をパターニングによって形成する。次に、レーザー光の照射により該サブアイランドの結晶性を高め、その後サブアイランドをパターニングすることでアイランドを形成する。さらにサブアイランドのパターン情報から、少なくともサブアイランドにレーザー光が照射されるように、基板上におけるレーザー光の走査経路を定める。つまり本発明では、基板全体にレーザー光を照射するのではなく、少なくとも必要不可欠な部分が最低限結晶化できるようにレーザー光を走査する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に成膜された半導体膜をパターニングすることで得られるサブアイランドのパターン情報から、マーカーを基準として前記サブアイランドを含むように、前記基板においてレーザー光を照射する特定の領域を定め、複数のレーザー発振装置から出力された複数のレーザー光のビームスポットを、光学系により互いに一部重ね合わせることで1つのビームスポットを形成し、スリットを用いて、前記形成されたビームスポットの走査方向と垂直な方向における幅を制限し、前記特定の領域に前記幅が制限されたビームスポットを走査することで、前記サブアイランドの結晶性を高め、前記結晶性が高められたサブアイランドをパターニングすることでアイランドを形成することを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 2】

基板上に成膜された半導体膜をパターニングすることで得られるサブアイランドのパターン情報から、マーカーを基準として前記サブアイランドを含むように、前記基板においてレーザー光を照射する特定の領域を定め、複数のレーザー発振装置から出力された複数のレーザー光のビームスポットを、光学系により各中心が直線を描くように互いに一部重ね合わせることで1つのビームスポットを形成し、スリットを用いて、前記形成されたビームスポットの走査方向と垂直な方向における幅を制限し、前記特定の領域に前記幅が制限されたビームスポットを走査することで、前記サブアイランドの結晶性を高め、前記結晶性が高められたサブアイランドをパターニングすることでアイランドを形成することを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 3】

請求項1または請求項2において、前記各中心によって描かれる直線と前記基板の移動する方向とが10°以上80°以下であることを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 4】

請求項1または請求項2において、前記各中心によって描かれる直線と前記基板の移動する方向とがほぼ直角であることを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 5】

請求項1乃至請求項4のいずれか1項において、レーザー光の照射が減圧雰囲気下または不活性ガス雰囲気下において行われることを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 6】

請求項1乃至請求項5のいずれか一項において、前記レーザー光は、YAGレーザー、YVO₄レーザー、YL

Fレーザー、YAlO₃レーザー、ガラスレーザー、ルビーレーザー、アレキサンドライドレーザー、Ti:サファイアレーザーまたはY₂O₃レーザーから選ばれた一種または複数種を用いて出力されていることを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 7】

請求項1乃至請求項6のいずれか1項において、前記レーザー光は連続発振であることを特徴とするレーザー照射方法。

10 【請求項 8】

請求項1乃至請求項7のいずれか一項において、前記レーザー光は第2高調波であることを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 9】

請求項1乃至請求項8のいずれか一項において、前記レーザー発振装置は2以上8以下であることを特徴とするレーザー照射方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

20 【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体膜をレーザー光を用いて結晶化又はイオン注入後の活性化をするレーザー照射方法及び半導体装置の作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、基板上にTFTを形成する技術が大幅に進歩し、アクティブマトリクス型の半導体表示装置への応用開発が進められている。特に、多結晶半導体膜を用いたTFTは、従来の非晶質半導体膜を用いたTFTよりも電界効果移動度(モビリティともいう)が高いので、高速動作が可能である。そのため、従来基板の外に設けられた駆動回路で行っていた画素の制御を、画素と同一の基板上に形成した駆動回路で行うことが可能である。

【0003】

ところで半導体装置に用いる基板は、コストの面から単結晶シリコン基板よりも、ガラス基板が有望視されている。ガラス基板は耐熱性に劣り、熱変形しやすい。そのため、ガラス基板上にポリシリコンTFTを形成する場合において、半導体膜の結晶化にレーザーアニールを用いることは、ガラス基板の熱変形を避けるのに非常に有効である。

【0004】

レーザーアニールの特徴は、輻射加熱或いは伝導加熱を利用するアニール法と比較して処理時間を大幅に短縮できることや、半導体又は半導体膜を選択的、局所的に加熱して、基板に殆ど熱的損傷を与えないことなどが上げられている。

【0005】

なお、ここでいうレーザーアニール法とは、半導体基板又は半導体膜に形成された損傷層を再結晶化する技術

や、基板上に形成された半導体膜を結晶化させる技術を指している。また、半導体基板又は半導体膜の平坦化や表面改質に適用される技術も含んでいる。適用されるレーザー発振装置は、エキシマレーザーに代表される気体レーザー発振装置、YAGレーザーに代表される固体レーザー発振装置であり、レーザー光の照射によって半導体の表面層を数十ナノ～数十マイクロ秒程度のごく短時間加熱して結晶化させるものとして知られている。

【0006】

レーザーはその発振方法により、パルス発振と連続発振の2種類に大別される。パルス発振のレーザーは出力エネルギーが比較的高いため、ビームスポットの大きさを数cm²以上として量産性を上げることができる。特に、ビームスポットの形状を光学系を用いて加工し、長さ10cm以上の線状にすると、基板へのレーザー光の照射を効率的に行うことができ、量産性をさらに高めることができる。そのため、半導体膜の結晶化には、パルス発振のレーザーを用いるのが主流となりつつあった。

【0007】

ところが近年、半導体膜の結晶化においてパルス発振のレーザーよりも連続発振のレーザーを用いる方が、半導体膜内に形成される結晶の粒径が大きくなることが見出された。半導体膜内の結晶粒径が大きくなると、該半導体膜を用いて形成される TFT の移動度が高くなる。そのため、連続発振のレーザーはにわかに脚光を浴び始めている。

【0008】

しかし、一般的に連続発振のレーザーは、パルス発振のレーザーに比べてその最大出力エネルギーが小さいため、ビームスポットのサイズが 10⁻³ mm² 程度と小さい。そのため、1枚の大きな基板を処理するためには、基板におけるビームの照射位置を上下左右に移動させる必要があり、基板1枚あたりの処理時間が長くなる。よって、基板処理の効率が悪く、基板の処理速度の向上が重要な課題となっている。

【0009】

なお、スリットを用いてビームスポットの長さを調整する技術は、従来から用いられている（例えば、特許文献1、特許文献2参照）。

【0010】

【特許文献1】

特開平11-354463号公報（第3頁、第3図）

【0011】

【特許文献2】

特開平9-270393号公報（第3-4頁、第2図）

【0012】

また、半導体膜を島状にしてから連続発振のレーザー光による結晶化を行なう技術は、従来から用いられている（例えば、非特許文献1参照）。

【0013】

【非特許文献1】

Akito Hara, Yasuyoshi Mishima, Tatsuya Kakehi, Fumiyo Takeuchi, Michiko Takei, Kenichi Yoshino, Katsuyuki Suga, Mitsuru Chida, and Nobuo Sasaki, Fujitsu Laboratories Ltd., "High Performance Poly-Si TFTs on a Glass by a Stable Scanning CW Laser Lateral Crystallization", IEDM 2001.

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明は上述した問題に鑑み、従来に比べて基板処理の効率を高めることができ、また半導体膜の移動度を高めることができるレーザー結晶化法を用いたレーザー照射方法、及びそれを用いた半導体装置の製造方法の提供を

20 課題とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】

本発明では、半導体膜のマスクの形状のデータ（パターン情報）をもとに、島状の半導体膜（アイランド）となる部分を把握する。そして、該アイランドを単数または複数含む島状の半導体膜（サブアイランド）をパターニングによって形成する。次に、レーザー光の照射により該サブアイランドの結晶性を高め、その後サブアイランドをパターニングすることでアイランドを形成する。

30 【0016】

さらに本発明では、サブアイランドのパターン情報から、少なくともサブアイランドにレーザー光が照射されるように、基板上におけるレーザー光の走査経路を定める。つまり本発明では、基板全体にレーザー光を照射するのではなく、少なくとも必要不可欠な部分が最低限結晶化できるようにレーザー光を走査する。上記構成により、サブアイランド以外の部分にレーザー光が照射される時間を省くことができ、よって、レーザー光照射にかかる時間を短縮化することができ、なおかつ基板の処理

40 速度を向上させることができる。また不必要的部分にレーザー光を照射し、基板にダメージが与えられるのを防ぐことができる。

【0017】

なお本発明では、基板に予めレーザー光等によってマークを形成しておいても良いが、サブアイランドと同時にマークを形成しても良い。サブアイランドと同時にマークを形成することで、マーク用のマスクを1枚減らすことができ、なおかつレーザー光で形成するよりもより正確な位置にマークを形成することができ、位置合わせの精度を向上させることができる。そして本發

明では該マーカーを基準とし、サブアイランドのパターン情報をもとにレーザー光を走査する位置を定める。

【0018】

また本発明では、レーザー光を走査していき、ビームスポットがサブアイランドに達したときに、ビームスポットとサブアイランドが基板と垂直な方向から見て1点で接するように、意図的にレーザー光の走査方向を定める。例えば、基板上から見てサブアイランドが多角形を有している場合、最初にサブアイランドの角の1つとビームスポットとが接するように、レーザー光を走査する。なお、基板上から見てサブアイランドの一部または全てが曲線を描いている場合も、ビームスポットとサブアイランドの曲線を描いている部分とが、最初に1つの接点で接するように、レーザー光の走査方向を定める。1つの接点からレーザー光の照射が開始されると、該接点を含めた近傍から(100)面の配向を有する結晶が成長を開始する。そして、レーザー光を走査していき、サブアイランドへのレーザー光の照射が終了すると、サブアイランド全体の(100)面の配向率を高めることができる。

【0019】

(100)面の配向率が高いアイランドをTFTの活性層として用いると、TFTの移動度を高くすることができる。また、活性層の(100)面の配向率が高いと、その上に形成するゲート絶縁膜の膜質のバラツキを少なくすることができ、それ故にTFTのしきい値電圧のバラツキを小さくすることができる。

【0020】

また、サブアイランドにレーザー光を照射すると、基板上から見たサブアイランドのエッジの近傍において、微結晶が形成されてしまう。これはエッジの近傍と中心部とで、レーザー光により与えられた熱の、基板への拡散のし方が異なるためではないかと考えられている。

【0021】

よって本発明では、レーザー光による結晶化の後に、エッジの近傍の結晶性が劣しくない部分をパターニングにより取り除き、結晶性が比較的良好な、サブアイランドの中心部を用いてアイランドを形成する。なお、サブアイランドのいずれの部分をパターニングで除去してアイランドを形成するのかは、設計者が適宜定めができる。このように、アイランドを直接レーザー光で結晶化するのではなく、サブアイランドをレーザー光で結晶化させたあとにアイランドを形成することで、アイランドの結晶性をより高めることができる。

【0022】

さらに本発明ではスリットを介し、ビームスポットのうちエネルギー密度の低い部分を遮蔽する。スリットを用いることで、比較的均一なエネルギー密度のレーザー光をサブアイランドに照射することができ、結晶化を均一に行うことができる。またスリットを設けることで、サ

ブアイランドのパターン情報によって部分的にビームスポットの幅を変えることができ、サブアイランド、さらにはTFTの活性層のレイアウトにおける制約を小さくすることができる。なおビームスポットの幅とは、走査方向と垂直な方向におけるビームスポットの長さを意味する。

【0023】

なお本発明で用いるビームスポットの形状は、橢円、四角形、線形等が含まれる。

10 【0024】

また複数のレーザー発振装置から発振されたレーザー光を合成することで得られた1つのビームスポットを、レーザー結晶化に用いても良い。上記構成により、各レーザー光のエネルギー密度の弱い部分を補い合うことができる。

【0025】

また半導体膜を成膜した後、もしくはサブアイランドを形成した後、大気に曝さないように（例えば希ガス、窒素、酸素等の特定されたガス雰囲気または減圧雰囲気に20する）レーザー光の照射を行い、半導体膜を結晶化させても良い。上記構成により、クリーンルーム内における分子レベルでの汚染物質、例えば空気の清浄度を高めるためのフィルター内に含まれるボロン等が、レーザー光による結晶化の際に半導体膜に混入するのを防ぐことができる。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、本発明のレーザー光の照射方法及び半導体装置の作製方法について、図1を用いて説明する。

30 【0027】

まず図1(A)に示すように基板10上に半導体膜11を成膜する。基板10は、後の工程の処理温度に耐えうる材質であれば良く、例えば石英基板、シリコン基板、バリウムホウケイ酸ガラスまたはアルミニウムホウケイ酸ガラスなどのガラス基板、金属基板またはステンレス基板の表面に絶縁膜を形成した基板を用いることができる。また、処理温度に耐えうる程度に耐熱性を有するプラスチック基板を用いてもよい。

【0028】

40 なお、基板10と半導体膜11との間に、基板10に含まれるアルカリ金属などの不純物が半導体膜11内に取り込まれるのを防ぐために、絶縁膜からなる下地膜を成膜しても良い。

【0029】

また半導体膜11は、公知の手段（スピッタ法、LPCVD法、プラズマCVD法等）により成膜することができる。なお、半導体膜は非晶質半導体膜であっても良いし、微結晶半導体膜、結晶性半導体膜であっても良い。

【0030】

50 次に、図1(B)に示すように半導体膜11をパターニ

ングして、サブアイランド（レーザー結晶化前（LC前））12と、マーカー18とを形成する。なお、マーカーの形状は図1（B）に示す形に限定されない。

【0031】

そして、図1（C）に示すようにサブアイランド（LC前）12にレーザー光を照射し、結晶性が高められたサブアイランド（LC後）13を形成する。本発明では、ビームスポットのエネルギー密度が低い部分をスリット17を用いて遮蔽している。スリット17は、レーザー光を遮ることが可能であり、なおかつレーザー光によって変形または損傷しないような材質で形成するのが望ましい。そして、スリット17はスリットの幅が可変であり、該スリットの幅によってビームスポットの幅を変更することができる。

【0032】

なお、エネルギー密度は、所望の結晶を得るために必要な値を満たしていない場合、低いと判断する。なお、所望の結晶か否かの判断は、設計者が適宜判断することができる。よって設計者が望む結晶性が得られなければ、エネルギー密度が低いと判断することができる。

【0033】

レーザー光のエネルギー密度は、スリットを介して得られたビームスポットのエッジの近傍において低くなってしまい、そのためエッジの近傍は結晶粒が小さく、結晶の粒界に沿って突起した部分（リッジ）が出現する。そのため、レーザー光のビームスポット14の軌跡のエッジ15と、サブアイランド（LC前）12もしくは、その後に形成されるアイランドとが重ならないようにする。

【0034】

なおレーザー光の走査方向は、レーザー光を走査していく、ビームスポットがサブアイランドに達したときに、ビームスポットとサブアイランドが基板と垂直な方向から見て1点で接するように意図的に定める。1つの接点からレーザー光の照射が開始されると、該接点を含めた近傍から（100）面の配向を有する結晶が成長を開始するので、サブアイランドへのレーザー光の照射が終了すると、サブアイランド全体の（100）面の配向率を高めることができる。

【0035】

本発明では公知のレーザーを用いることができる。レーザーは、連続発振の気体レーザーもしくは固体レーザーを用いることができる。気体レーザーとして、エキシマーレーザー、Arレーザー、Krレーザーなどがあり、固体レーザーとして、YAGレーザー、YVO₄レーザー、YLFレーザー、YAlO₃レーザー、ガラスレーザー、ルビーレーザー、アレキサンドライドレーザー、Ti:サファイアレーザー、Y₂O₃レーザーなどが挙げられる。固体レーザーとしては、Cr、Nd、Er、Ho、Ce、Co、Ti、Yb又はTmがドーピングされたYAG、YVO₄、YLF、YAlO₃などの結晶

を使ったレーザーが適用される。当該レーザーの基本波はドーピングする材料によって異なり、1μm前後の基本波を有するレーザー光が得られる。基本波に対する高調波は、非線形光学素子を用いることで得ることができる。

【0036】

またさらに、固体レーザーから発せられた赤外レーザー光を非線形光学素子でグリーンレーザー光に変換後、さらに別の非線形光学素子によって得られる紫外レーザー光を用いることもできる。

【0037】

なお、マーカー19にはレーザー光を照射してもしなくとも良い。

【0038】

次に、図1（D）に示すようにサブアイランド（LC後）13をパターニングすることで、アイランド16を形成する。アイランド16が、サブアイランドのエッジの近傍を避けて、中心部の結晶性が比較的優れている部分を用いるのが好ましい。なお、パターニングの際にマーカー19は後の工程において用いられるマスクの位置合わせのために残しておく。

【0039】

上記工程によって作製されたアイランド16は、結晶性が優れており、なおかつ（110）面の配向率が高められている。

【0040】

次に、複数のビームスポットを重ね合わせることで合成される、ビームスポットの形状について説明する。

【0041】

図4（A）に、複数のレーザー発振装置からそれぞれ発振されるレーザー光の、スリットを介さない場合の被処理物におけるビームスポットの形状の一例を示す。図4（A）に示したビームスポットは橢円形状を有している。なお本発明において、レーザー発振装置から発振されるレーザー光のビームスポットの形状は、橢円に限定されない。ビームスポットの形状はレーザーの種類によって異なり、また光学系により成形することもできる。また、YAGレーザーから射出されたレーザー光の形状は、ロッド形状が円筒形であれば円状となり、スラブ型であれば矩形状となる。このようなレーザー光を光学系により、さらに成形することにより、所望の大きさのレーザー光をつくることもできる。

【0042】

図4（B）に図4（A）に示したビームスポットの長軸y方向におけるレーザー光のエネルギー密度の分布を示す。ビームスポットが橢円形状であるレーザー光のエネルギー密度の分布は、橢円の中心Oに向かうほど高くなっている。 α は、エネルギー密度が、所望の結晶を得るために必要とする値を超えており、長軸y方向における幅に相当する。

【0043】

次に、図4に示したビームスポットを有するレーザー光を合成したときの、ビームスポットの形状を、図2(A)に示す。なお図2(A)では4つのレーザー光のビームスポットを重ね合わせることで1つの線状のビームスポットを形成した場合について示しているが、重ね合わせるビームスポットの数はこれに限定されない。

【0044】

図2(A)に示すように、各レーザー光のビームスポットは、各楕円の長軸が一致し、なおかつ互いにビームスポットの一部が重なることで合成され、1つのビームスポット18が形成されている。なお以下、各楕円の中心Oを結ぶことで得られる直線を中心軸と呼ぶ。

【0045】

図2(B)に、図2(A)に示した合成後のビームスポットの、中心軸y方向におけるレーザー光のエネルギー密度の分布を示す。なお、図2(A)に示すビームスポットは、図2(B)におけるエネルギー密度のピーク値の $1/e^2$ のエネルギー密度を満たしている領域に相当する。合成前の各ビームスポットが重なり合っている部分において、エネルギー密度が加算される。例えば図示したように重なり合ったビームのエネルギー密度E1とE2を加算すると、ビームのエネルギー密度のピーク値E3とほぼ等しくなり、各楕円の中心Oの間においてエネルギー密度が平坦化される。

【0046】

なお、E1とE2を加算するとE3と等しくなるのが理想的だが、現実的には必ずしも等しい値にはならない。E1とE2を加算した値とE3との値のずれの許容範囲は、設計者が適宜設定することが可能である。

【0047】

図2(B)からわかるように、複数のレーザー光を重ね合わせてエネルギー密度の低い部分を互いに補い合うようにして、複数のレーザー光を重ね合わせないで単独で用いるよりも、半導体膜の結晶性を効率良く高めることができる。例えばビームスポットを単独で用いると、図1(B)の斜線で示した領域においてのみ、所望の結晶を得るために必要なエネルギー密度の値を超えており、その他の領域ではエネルギー密度が所望の値まで満たされていなかつたと仮定する。この場合、各ビームスポットは、中心軸方向の幅が α で示される斜線の領域でしか、所望の結晶を得ることができない。しかし、ビームスポットを図2(B)で示したように重ね合わせることで、中心軸方向の幅が β ($\beta > 4\alpha$)で示される領域において所望の結晶を得ることができ、より効率良く半導体膜を結晶化させることができる。

【0048】

なお、計算によって求めた図2(A)のB-B'、C-C'におけるエネルギー密度の分布を、図3に示す。なお、図3は、合成前のビームスポットの、ピーク値の $1/e^2$

のエネルギー密度を満たしている領域を基準としている。合成前のビームスポットの短軸方向の長さを $37\mu m$ 、長軸方向の長さを $410\mu m$ とし、中心間の距離を $192\mu m$ としたときの、B-B'、C-C'におけるエネルギー密度は、それぞれ図3(A)、(B)に示すような分布を有している。B-B'の方がC-C'よりも弱冠小さくなっているが、ほぼ同じ大きさとみなすことができ、合成前のビームスポットのピーク値の $1/e^2$ のエネルギー密度を満たしている領域における、合成されたビームスポットの形状は、線状と言え表すことができる。

【0049】

なお、レーザー光を重ね合わせても、なお、エネルギー密度が所望の値まで達していない領域がある。本発明では、合成されたビームスポットのエネルギー密度の低い領域を、スリット17において遮蔽し、半導体膜11に照射されないようにする。図2(C)を用いて、合成されたビームスポットとスリットとの位置関係について説明する。

【0050】

本発明で用いられるスリット17は、スリットの幅が可変であり、その幅はコンピューターによって制御されている。図2(C)において、18は、図2(A)に示したものと同じく、合成により得られるビームスポット18の形状を示しており、17はスリットを示している。

【0051】

そして図2(D)は、図2(B)に示したビームスポットの、中心軸A-A'をy方向としたとき、y方向におけるエネルギー密度の分布を示している。図3(B)に示した場合と異なり、エネルギー密度の低い領域がスリット17によってカットされる。

【0052】

エネルギー密度の低い領域が照射された半導体膜は、結晶性が芳しくない。具体的には、エネルギー密度が満たされている領域と比べて、結晶粒が小さかったり、結晶粒の成長する方向が異なっていたりする。図5(A)に、基板上における合成されたビームスポットの形状を示す。50で示す領域が、所望のエネルギー密度を満たしている領域を示しており、51が満たしていない領域を示している。そして、ビームスポットの中心軸方向の長さをW_{TBW}とし、エネルギー密度を満たしている領域における中心軸方向の長さをW_{BW}とし、エネルギー密度を満たしている領域における中心軸と垂直な方向における長さをW_Cとする。

【0053】

図5(B)に、図5(A)に示したビームスポットをスリットを介することで、中心軸方向の長さをW_{BW}以下としたビームスポット52の走査経路と、サブアイランドのパターンとの位置関係を示す。図5(B)では、走査方向と垂直な方向における幅において、エネルギー密

度の低い部分が遮蔽されたビームスポット52を走査した様子について示す。ビームスポット52はサブアイランド53を覆うように走査されており、ビームスポットの軌跡のエッジが、サブアイランド53と重なっていない。なお、ビームスポットの軌跡のエッジが、必ずしもサブアイランドと重ならないようにする必要はなく、最低限サブアイランドをパターニングすることで得られるアイランド54と重ならないようにすることが重要である。

【0054】

本発明では、エネルギー密度の低い領域が存在しない、もしくは存在してもスリットを用いない場合と比較してその幅が小さいので、レーザー光のエッジの部分とサブアイランド53とを重ねないようにするのより容易になる。よって、スリットを設けることでエネルギー密度の低い領域がカットされるので、レーザー光の走査経路及びサブアイランド及びアイランドのレイアウトにおける制約を小さくすることができます。

【0055】

また、レーザー発振装置の出力を止めることなく、エネルギー密度を一定にしたままビームスポットの幅を変えることができるので、レーザー光のエッジが、アイランドもしくはそのチャネル形成領域と重なるのを防ぐことができる。また不必要的部分にレーザー光を照射し、基板にダメージが与えられるのを防ぐことができる。

【0056】

なお、図5ではビームスポットの中心軸方向と走査方向とが垂直に保たれている、場合について示したが、ビームスポットの中心軸と走査方向とは必ずしも垂直になつていなくとも良い。例えば、ビームスポットの中心軸と、走査方向との間に形成される鋭角 θ_A が $45^\circ \pm 35^\circ$ となるようにし、より望ましくは 45° となるようにもよい。ビームスポットの中心軸と、走査する方向とが垂直の場合、最も基板の処理効率が高まる。一方合成後のビームスポットの中心軸と、走査する方向とが $45^\circ \pm 35^\circ$ となるように、望ましくは 45° により近い値になるように走査することで、走査する方向とビームスポットの中心軸とが垂直になるように走査した場合に比べて、活性層中に存在する結晶粒の数を意図的に増やすことができ、結晶の方位や結晶粒に起因する特性のばらつきを低減することができる。また、同じ走査スピードであれば、走査する方向とビームスポットの中心軸とが垂直になるように走査した場合に比べて、基板あたりのレーザー光の照射時間を高めることができる。

【0057】

次に、サブアイランド及びアイランドの形状と、レーザー光の走査方向との関係について説明する。図6(A)に、図1(B)に示したサブアイランド12の上面図を示す。なおサブアイランド(LC前)12の内部に、破線でアイランドとなる部分16を示す。14はビームス

ポットであり、図6(A)では、レーザー照射前の状態を示している。

【0058】

図6(A)の状態から時間の経過と共にビームスポット14はサブアイランド(LC前)12に近づいていく。なおビームスポットの位置は基板側を走査することで移動させる。

【0059】

そして、ビームスポットがサブアイランド(LC前)12に達したとき、ビームスポット14とサブアイランド(LC前)12は1点で接する。よって、この接点近傍20からサブアイランドが結晶化され、図6(C)に示すように、ビームスポット14が移動すると共に、矢印で示した方向に結晶化が進む。この結晶化は、接点近傍17に最初に形成された種結晶をもとに進むため、(110)面の配向率が高まる。

【0060】

なおアイランドをTFTの活性層として用いる場合、レーザー光の走査方向は、チャネル形成領域のキャリアが移動する方向と平行に保つのが望ましい。

【0061】

なおビームスポット14の軌跡は、サブアイランド12を完全に覆つていなくとも良く、アイランド16を完全に覆つていれば良い。ただし、サブアイランドを完全に覆うようにレーザー光を走査させることで、レーザー光の照射されていない領域を種結晶として結晶が成長するのを防ぎ、(110)面の配向率をより高めることができます。

【0062】

図6(D)に、図6(C)のA-A'における断面図と、ビームスポットとの関係を示す。スリット17を介して基板に照射されるレーザー光は、スリットによる遮蔽で、長軸方向の幅W_{TDW}がW_{BW}まで狭められる。そして、サブアイランドにおけるレーザー光のビームスポットは、W_{BW}と同じ大きさになるのが理想である。しかし実際にはスリット17とサブアイランド12とは離れているので、レーザー光はサブアイランド12におけるビームスポットの長軸方向における幅がW_{BW'}となり、W_{BW'} < W_{BW}を満たす。よって、スリットの幅は、回折を考慮に入れて設定するのが望ましい。

【0063】

サブアイランド全体をレーザー光で照射しようとすると、回折を考慮に入れないとW_{BW} > W_Sを満たせば良いが、回折を考慮に入れるとW_{BW'} > W_Sを満たせば良い。また、アイランドだけを必要最低限レーザー光で照射しようとすると、回折を考慮に入れないとW_{BW} > W_Iを満たせば良いが、回折を考慮に入れるとW_{BW'} > W_Iを満たせば良い。なお、W_Sは、サブアイランド12の、ビームスポットの移動方向に対して垂直な方向における最長の長さであり、W_Iはアイランド16の、

ビームスポットの移動方向に対して垂直な方向における最長の長さである。

【0064】

図7に、TFTの活性層として用いるアイランドのレイアウトと、ビームスポットの移動方向との関係を一例として示す。図7(A)では、サブアイランド30の内部に破線で示した部分31が、アイランドとなる部分に相当する。アイランド31をチャネル形成領域が1つ設けられているTFTの活性層として用いる場合、チャネル形成領域32を挟むようにソース領域またはドレイン領域となる不純物領域33、34が設けられている。35はビームスポットの形状を示している。サブアイランド30を結晶化させると、レーザー光の走査方向は矢印に示すように、チャネル形成領域32のキャリアが移動する方向と平行になるようになる。そして、ビームスポット35と1点で接する接点近傍36において形成された種結晶から結晶成長が進むことで、サブアイランドの(110)面の配向率を高めることができる。

【0065】

また、図7(B)では、チャネル形成領域が3つ設けられている活性層を示しており、チャネル形成領域40を挟むように不純物領域41、42が設けられている。また、チャネル形成領域43を挟むように不純物領域42、44が設けられており、さらにチャネル形成領域45を挟むように不純物領域44、46が設けられている。ビームスポットの走査方向は矢印に示すように、チャネル形成領域40、43、45のキャリアが移動する方向と平行になるようになる。

【0066】

次に、図8(A)を用いて、アクティブマトリクス型の半導体装置を作製するためにサブアイランドが形成された基板500におけるレーザー光の走査方向について説明する。図8(A)では、破線501が画素部、破線502が信号線駆動回路、破線503が走査線駆動回路の形成される部分に相当する。

【0067】

図8(A)では、基板500に対して、1回のみレーザー光をスキャンした例について示しており、基板が白抜きの矢印の方向に移動しており、実線の矢印はレーザー光の相対的な走査方向を示している。なおビームスポットの移動は、基板500を移動させても良いし、光学系を用いていても良い。図8(B)は、画素部が形成される部分501におけるビームスポット507の拡大図である。レーザー光が照射された領域にサブアイランド506がレイアウトされている。

【0068】

図8において、ビームスポットのエッジの部分が、サブアイランドをパターニングして得られるアイランド508、より望ましくはサブアイランド506と重なることのないように、レーザー光を照射することが望ましい。

そして本発明では、サブアイランドのマスクのパターン情報に従って、レーザー光を走査する部分を定める。

【0069】

なお、ビームスポットの幅は、サブアイランドまたはアイランドのサイズによって適宜変えることができる。例えば、電流を比較的多く流すことが望まれる駆動回路のTFTは、チャネル幅が大きく、よってアイランドのサイズも画素部に比べて大きい傾向にある。図9に、2通りのサイズのサブアイランドに、スリットの幅を変えてレーザー光を走査する場合について示す。図9(A)に、走査方向と垂直な方向におけるサブアイランド長さが短い場合を、図9(B)に走査方向と垂直な方向におけるサブアイランド長さが長い場合の、レーザー光の走査する部分と、サブアイランドとの関係を示す。

【0070】

図9(A)におけるビームスポットの幅をW_{BW1}、図9(B)におけるビームスポットの幅をW_{BW2}とすると、W_{BW1} < W_{BW2}となる。無論、ビームスポットの幅はこれに限られず、サブアイランド間の走査方向と垂直な方向における間隔に余裕がある場合は、自由にその幅を設定することができる。

【0071】

なお本発明では、図9に示すように、レーザー光を基板全面に照射するのではなく、サブアイランドの部分を最低限結晶化できるようにレーザー光を走査する。基板全面を照射するのではなく、サブアイランドが結晶化できるように必要最低限の部分にレーザー光が照射されるので、1枚の基板にかかる処理時間を抑えることができ、基板処理の効率を高めることができる

【0072】

次に、本発明において用いられるレーザー照射装置の構成について、図10を用いて説明する。101はレーザー発振装置である。図10では4つのレーザー発振装置を用いているが、レーザー照射装置が有するレーザー発振装置はこの数に限定されない。

【0073】

なお、レーザー発振装置101は、チラー102を用いてその温度を一定に保つようにしても良い。チラー102は必ずしも設ける必要はないが、レーザー発振装置101の温度を一定に保つことで、出力されるレーザー光のエネルギーが温度によってばらつくのを抑えることができる。

【0074】

また104は光学系であり、レーザー発振装置101から出力された光路を変更したり、そのビームスポットの形状を加工したりして、レーザー光を集光することができる。さらに、図10のレーザー照射装置では、光学系104によって、複数のレーザー発振装置101から出力されたレーザー光のビームスポットを互いに一部を重ね合わせることで、合成することができる。

【0075】

なお、レーザー光の進行方向を極短時間で変化させるAO変調器103を、被処理物である基板106とレーザー発振装置101との間の光路に設けても良い。また、AO変調器の代わりに、アテニュエイター(光量調整フィルタ)を設けて、レーザー光のエネルギー密度を調整するようにしても良い。

【0076】

また、被処理物である基板106とレーザー発振装置101との間の光路に、レーザー発振装置101から出力されたレーザー光のエネルギー密度を測定する手段(エネルギー密度測定手段)115を設け、測定したエネルギー密度の経時変化をコンピューター110において監視するようにしても良い。この場合、レーザー光のエネルギー密度の減衰を補うように、レーザー発振装置110からの出力を高めるようにしても良い。

【0077】

合成されたビームスポットは、スリット105を介して被処理物である基板106に照射される。スリット105は、レーザー光を遮ることが可能であり、なつかつレーザー光によって変形または損傷しないような材質で形成するのが望ましい。そして、スリット105はスリットの幅が可変であり、該スリットの幅によってビームスポットの幅を変更することができる。

【0078】

なお、スリット105を介さない場合の、レーザー発振装置101から発振されるレーザー光の基板106におけるビームスポットの形状は、レーザーの種類によって異なり、また光学系により成形することもできる。

【0079】

基板106はステージ107上に載置されている。図10では、位置制御手段108、109が、被処理物におけるビームスポットの位置を制御する手段に相当しており、ステージ107の位置が、位置制御手段108、109によって制御されている。

【0080】

図10では、位置制御手段108がX方向におけるステージ107の位置の制御を行っており、位置制御手段109はY方向におけるステージ107の位置制御を行う。

【0081】

また図10のレーザー照射装置は、中央演算処理装置及びメモリ等の記憶手段を兼ね備えたコンピューター110とを有している。コンピューター110は、レーザー発振装置101の発振を制御し、なつかつレーザー光のビームスポットがマスクのパターン情報に従って定められる領域を覆うように、位置制御手段108、109を制御し、基板を所定の位置に移動させることができる。

【0082】

さらに本発明では、コンピューター110によって、該

スリット105の幅を制御し、マスクのパターン情報を従ってビームスポットの幅を変更することができる。

【0083】

さらにレーザー照射装置は、被処理物の温度を調節する手段を備えていても良い。また、レーザー光は指向性およびエネルギー密度の高い光であるため、ダンパーを設けて、反射光が不適切な箇所に照射されるのを防ぐようにも良い。ダンパーは、反射光を吸収させる性質を有していることが望ましく、ダンパー内に冷却水を循環させておき、反射光の吸収により隔壁の温度が上昇するのを防ぐようにも良い。また、ステージ107に基板を加熱するための手段(基板加熱手段)を設けるようにも良い。

【0084】

なお、マーカーをレーザーで形成する場合、マーカー用のレーザー発振装置を設けるようにしても良い。この場合、マーカー用のレーザー発振装置の発振を、コンピューター110において制御するようにしても良い。さらにマーカー用のレーザー発振装置を設ける場合、マーカー用のレーザー発振装置から出力されたレーザー光を集光するための光学系を別途設ける。なおマーカーを形成する際に用いるレーザーは、代表的にはYAGレーザー、CO₂レーザー等が挙げられるが、無論この他のレーザーを用いて形成することは可能である。

【0085】

またマーカーを用いた位置合わせのために、CCDカメラ113を1台、場合によっては数台設けるようにしても良い。

【0086】

なお、マーカーを設げずに、CCDカメラ113によってサブアイランドのパターンを認識し、位置合わせを行うようにしても良い。この場合、コンピューター110に入力されたマスクによるサブアイランドのパターン情報と、CCDカメラ113において収集された実際のサブアイランドのパターン情報を照らし合わせて、基板の位置情報を把握することができる。この場合マーカーを別途設ける必要がない。

【0087】

なお、図10では、レーザー発振装置を複数台設けたレーザー照射装置の構成について示したが、レーザー発振装置は1台であってもよい。図11にレーザー発振装置が1台の、レーザー照射装置の構成を示す。図11において、201はレーザー発振装置、202はチラーである。また215はエネルギー密度測定装置、203はAO変調器、204は光学系、205はスリット、213はCCDカメラである。基板206はステージ207上に設置し、ステージ207の位置はX方向位置制御手段208、Y方向位置制御手段209によって制御されている。そして図10に示したものと同様に、コンピューター210によって、レーザー照射装置が有する各手段

の動作が制御されており、図10と異なるのはレーザー発振装置が1つであることである。また光学系204は図10の場合と異なり、1つのレーザー光を集光する機能を有していれば良い。

【0088】

次に、本発明の半導体装置の作製方法のフローについて説明する。

【0089】

図12に、生産フローをフローチャートで示す。まずCADを用いて半導体装置の設計を行う。具体的には、まずアイランドのマスクを設計し、次に、該アイランドを1つまたは複数含むようなサブアイランドのマスクを設計する。このとき、1つのサブアイランドに含まれるアイランドは、全てチャネル形成領域のキャリアが移動する方向を揃えるようにすることが望ましいが、用途に応じて意図的に方向を揃えない様にしても良い。

【0090】

また、このときサブアイランドと共にマーカーが形成されるように、サブアイランドのマスクを設計するようにしても良い。

【0091】

そして、設計されたサブアイランドのマスクの形状に関する情報（パターン情報）を、レーザー照射装置が有するコンピューターに入力する。コンピューターでは、入力されたサブアイランドのパターン情報に基づき、走査方向に対して垂直方向における、各サブアイランドの幅 W_S を算出する。そして、各サブアイランドの幅 W_S をもとに、走査方向に対して垂直方向におけるスリットの幅 W_{BW} を設定する。

【0092】

そして、スリットの幅 W_{BW} をもとに、マーカーの位置を基準として、レーザー光の走査経路を定める。

【0093】

一方、半導体膜を基板上に成膜し、サブアイランドのマスクを用いて該半導体膜をパターニングし、サブアイランドを形成する。そしてサブアイランドが形成された基板を、レーザー照射装置のステージに設置する。

【0094】

そしてマーカーを基準にして、定められた走査経路にしたがってレーザー光を照射し、サブアイランドをねらって結晶化する。

【0095】

そして、レーザー光を照射した後、レーザー光照射により結晶性が高められたサブアイランドをパターニングし、アイランドを形成する。以下、アイランドからTFTを作製する工程が行われる。TFTの具体的な作製工程はTFTの形状によって異なるが、代表的にはゲート絶縁膜を成膜し、アイランドに不純物領域を形成する。そして、ゲート絶縁膜及びゲート電極を覆うように層間絶縁膜を形成し、該層間絶縁膜にコンタクトホールを形

成し、不純物領域の一部を露出させる。そして該コンタクトホールを介して不純物領域に接するように層間絶縁膜上に配線を形成する。

【0096】

次に、マーカーを形成せずに、CCDカメラによって基板とマスクの位置合わせを行う例について説明する。

【0097】

図13に、生産フローをフローチャートで示す。まず図12の場合と同様に、CADを用いて半導体装置の設計を行う。具体的には、まずアイランドのマスクを設計し、次に、該アイランドを1つまたは複数含むようなサブアイランドのマスクを設計する。

【0098】

そして、設計されたサブアイランドのマスクの形状に関する情報（パターン情報）を、レーザー照射装置が有するコンピューターに入力する。コンピューターでは、入力されたサブアイランドのパターン情報に基づき、走査方向に対して垂直方向における、各サブアイランドの幅 W_S を算出する。そして、各サブアイランドの幅 W_S をもとに、走査方向に対して垂直方向におけるスリットの幅 W_{BW} を設定する。

【0099】

一方、半導体膜を基板上に成膜し、サブアイランドのマスクを用いて該半導体膜をパターニングし、サブアイランドを形成する。そしてサブアイランドが形成された基板を、レーザー照射装置のステージに設置する。

【0100】

そして、ステージに設置された基板上のサブアイランドのパターン情報を、CCDカメラにより検出し、コンピューターに情報として入力する。コンピューターではCADによって設計されたサブアイランドのパターン情報と、CCDカメラによって得られる、実際に基板上に形成されたサブアイランドのパターン情報を照らし合わせ、基板とマスクとの位置合わせを行う。

【0101】

また該スリットの幅 W_{BW} と、CCDカメラによるサブアイランドの位置情報をもとに、レーザー光の走査経路を決定する。

【0102】

そして、定められた走査経路にしたがってレーザー光を照射し、サブアイランドをねらって結晶化する。

【0103】

次に、レーザー光を照射した後、レーザー光照射により結晶性が高められたサブアイランドをパターニングし、アイランドを形成する。以下、アイランドからTFTを作製する工程が行われる。TFTの具体的な作製工程はTFTの形状によって異なるが、代表的にはゲート絶縁膜を成膜し、アイランドに不純物領域を形成する。そして、ゲート絶縁膜及びゲート電極を覆うように層間絶縁膜を形成し、該層間絶縁膜にコンタクトホールを形成

し、不純物領域の一部を露出させる。そして該コンタクトホールを介して不純物領域に接するように層間絶縁膜上に配線を形成する。

【0104】

次に、図14に、レーザー光の照射が2回の場合の、生産方法のフローをフローチャートで示す。

【0105】

図14に、生産フローをフローチャートで示す。まずCADを用いて半導体装置の設計を行う。具体的には、まずアイランドのマスクを設計し、次に、該アイランドを1つまたは複数含むようなサブアイランドのマスクを設計する。このときサブアイランドと共にマーカーが形成されるように、サブアイランドのマスクを設計するようにも良い。

【0106】

そして、設計されたサブアイランドのマスクの形状に関する情報（パターン情報）を、レーザー照射装置が有するコンピューターに入力する。コンピューターでは、入力されたサブアイランドのパターン情報に基づき、2つの各走査方向それぞれに対して垂直方向における、各サブアイランドの幅 W_S を2通り算出する。そして、各サブアイランドの幅 W_S をもとに、2つの各走査方向に対して垂直方向におけるスリットの幅 W_{BW} をそれぞれ算出する。

【0107】

そして、2つの各走査方向において、それぞれ定められたスリットの幅 W_{BW} をもとに、マーカーの位置を基準として、レーザー光の走査経路を定める。

【0108】

一方、半導体膜を基板上に成膜し、サブアイランドのマスクを用いて該半導体膜をパターニングし、サブアイランドを形成する。そしてサブアイランドが形成された基板を、レーザー照射装置のステージに設置する。

【0109】

そしてマーカーを基準にして、定められた2つの走査経路のうち、第1の走査経路にしたがって第1のレーザー光を照射し、サブアイランドをねらって結晶化する。

【0110】

なお、1回目のレーザー光の走査方向と2回目のレーザー光の走査方向の角度は、予めメモリ等に記憶しておいても良いし、手動でその都度入力するようにしても良い。そしてマーカーを基準にして、1回目のレーザー光の走査部分にレーザー光を照射し、サブアイランドをねらって結晶化する。

【0111】

そして、走査方向を変え、第2の走査経路にしたがって、第2のレーザー光を照射し、サブアイランドを狙って結晶化する。

【0112】

なお図14では、同じサブアイランドに2回レーザー光

を照射する例について示したが、AO変調器等を用いることで、場所指定して走査方向を変えることも可能である。例えば信号線駆動回路における走査方向と画素部及び走査線駆動回路における走査方向とを異ならせ、AO変調器を用いて信号線駆動回路となる部分においてレーザー光を照射する場合は、AO変調器を用いて画素部及び走査線駆動回路となる部分においてレーザー光が照射されないようにし、画素部及び走査線駆動回路となる部分においてレーザー光を照射する場合は、AO変調器を用いて信号線駆動回路となる部分においてレーザー光が照射されないようにすることができる。そしてこの場合、コンピューターにおいてAO変調器を位置制御手段と同期させるようにする。

【0113】

なお、レーザー光を照射した後、レーザー光照射により結晶性が高められたサブアイランドをパターニングし、アイランドを形成する。以下、アイランドからTFTを作製する工程が行われる。TFTの具体的な作製工程はTFTの形状によって異なるが、代表的にはゲート絶縁膜を成膜し、アイランドに不純物領域を形成する。そして、ゲート絶縁膜及びゲート電極を覆うように層間絶縁膜を形成し、該層間絶縁膜にコンタクトホールを形成し、不純物領域の一部を露出させる。そして該コンタクトホールを介して不純物領域に接するように層間絶縁膜上に配線を形成する。

【0114】

比較対象のために、図15に従来の半導体装置の生産方法のフローを示す。図15に示すように、CADによる半導体装置のマスク設計が行われる。一方で、基板に非晶質半導体膜を成膜され、該非晶質半導体膜が成膜された基板をレーザー照射装置に設置する。そして、非晶質半導体膜全体にレーザー光が照射されるように走査し、非晶質半導体膜全体を結晶化させる。そして、結晶化により得られた多結晶半導体膜にマーカーを形成し、該マーカーを基準として多結晶半導体膜をパターニングしてアイランドを形成する。そして該アイランドを用いてTFTを作製する。

【0115】

このように本発明では、図15に示すような従来の場合とは異なり、マーカーをレーザー光を用いて非晶質半導体膜を結晶化させる前に形成する。そして、半導体膜のパターニングのマスクの情報を従って、レーザー光を走査させる。

【0116】

上記構成により、半導体膜を結晶化させた後パターニングにより除去される部分にレーザー光を照射する時間を省くことができるので、レーザー光照射にかかる時間を短縮化することができ、なおかつ基板の処理速度を向上させることができる。

【0117】

なお、触媒を用いて半導体膜を結晶化させる工程を含んでいても良い。触媒元素を用いる場合、特開平7-130652号公報、特開平8-78329号公報で開示された技術を用いることが望ましい。

【0118】

触媒を用いて半導体膜を結晶化させる工程を含んでいる場合、非晶質半導体膜を成膜後にNiを用いて結晶化させる工程(NiSPC)を含んでいる。例えば特開平7-130652号公報に開示されている技術を用いる場合、重量換算で10ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液を非晶質半導体膜に塗布してニッケル含有層を形成し、500℃、1時間の脱水素工程の後、500～650℃で4～12時間、例えば550℃、8時間の熱処理を行い結晶化する。尚、使用可能な触媒元素は、ニッケル(Ni)の以外にも、ゲルマニウム(Ge)、鉄(Fe)、パラジウム(Pd)、スズ(Sn)、鉛(Pb)、コバルト(Co)、白金(Plt)、銅(Cu)、金(Au)、といった元素を用いても良い。

【0119】

そして、レーザー光照射により、NiSPCにより結晶化された半導体膜の結晶性をさらに高める。レーザー光照射により得られた多結晶半導体膜は触媒元素を含んでおり、レーザー光照射後にその触媒元素を結晶質半導体膜から除去する工程(ゲッタリング)を行う。ゲッタリングは特開平10-135468号公報または特開平10-135469号公報等に記載された技術を用いることができる。

【0120】

具体的には、レーザー照射後に得られる多結晶半導体膜の一部にリンを添加し、窒素雰囲気中で550～800℃、5～24時間、例えば600℃、12時間の熱処理を行う。すると多結晶半導体膜のリンが添加された領域がゲッタリングサイトとして働き、多結晶半導体膜中に存在するリンをニッケルが添加された領域に偏析させることができる。その後、多結晶半導体膜のリンが添加された領域をバーニングにより除去することで、触媒元素の濃度を 1×10^{17} atoms/cm³以下好ましくは 1×10^{16} atoms/cm³程度にまで低減されたアイランドを得ることができる。

【0121】

次に、図16を用いて、ビームスポットの中心軸を走査方向に対して45°に保った場合の、スリットとビームスポットとの位置関係について説明する。130は合成後のビームスポットであり、105はスリットである。スリット105はビームスポット130と重なっていない。矢印は走査方向であり、ビームスポット130の中心軸との間の角度θが45°に保たれている。

【0122】

図16(B)はスリット105によって一部が遮蔽され、幅が狭くなったビームスポット131の様子を示し

ている。本発明では、スリット105は、走査方向と垂直な方向におけるビームスポットの幅Qを制御し、レーザー光の照射が均一に行われるようとする。

【0123】

このように本発明では、半導体膜全体にレーザー光を走査して照射するのではなく、少なくとも必要不可欠な部分を最低限結晶化できるようにレーザー光を走査する。上記構成により、半導体膜を結晶化させた後バーニングにより除去される部分にレーザー光を照射する時間を省くことができ、基板1枚あたりにかかる処理時間を大幅に短縮することができる。

【0124】

【実施例】

以下、本発明の実施例について説明する。

【0125】

(実施例1)

本実施例では、本発明に用いられるレーザー照射装置の光学系と、各光学系とスリットとの位置関係について説明する。

【0126】

図17(A)に本実施例の光学系を図示する。図17(A)に示す光学系は、2つのシリンドリカルレンズ401、402を有している。そして、矢印の方向から入射したレーザー光は、2つのシリンドリカルレンズ401、402によってそのビームスポットの形状が成形され、スリット404を通って被処理物403に照射される。なお、被処理物403により近いシリンドリカルレンズ402は、シリンドリカルレンズ401に比べて、その焦点距離が小さい。なお、戻り光を防ぎ、また均一な照射を行なうために、レーザー光の基板への入射角度を0°より大きく、望ましくは5～30°に保つのが望ましい。

【0127】

図17(B)に示す光学系は、ミラー405と、平凸球面レンズ406とを有している。そして、矢印の方向から入射したレーザー光は、ミラー405において反射され、平凸球面レンズ406においてそのビームスポットの形状が成形され、スリット408を通って被処理物407に照射される。なお平凸球面レンズの曲率半径は、設計者が適宜設定することが可能である。なお、戻り光を防ぎ、また均一な照射を行なうために、レーザー光の基板への入射角度を0°より大きく、望ましくは5～30°に保つのが望ましい。

【0128】

図17(C)に示す光学系は、ミラー410、411と、レンズ412、413、414とを有している。そして、矢印の方向から入射したレーザー光は、ミラー410、411において反射され、レンズ412、413、414においてそのビームスポットの形状が成形され、スリット416を通って被処理物415に照射され

る。なお、戻り光を防ぎ、また均一な照射を行なうために、レーザー光の基板への入射角度を 0° より大きく、望ましくは $5\sim30^\circ$ に保つのが望ましい。

【0129】

図17(D)は、実施例2に示したビームスポットを4つ合成して1つのビームスポットにする場合の光学系を示している。図17(D)に示す光学系は、6つのシリンドリカルレンズ417～422を有している。矢印の方向から入射した4つのレーザー光は、4つのシリンドリカルレンズ419～422のそれぞれに入射する。そしてシリンドリカルレンズ419、421において成形された2つのレーザー光は、シリンドリカルレンズ417において再びそのビームスポットの形状が成形されて、スリット424を通って被処理物423に照射される。一方シリンドリカルレンズ420、422において成形された2つのレーザー光は、シリンドリカルレンズ418において再びそのビームスポットの形状が成形されて、スリット424を通って被処理物423に照射される。

【0130】

被処理物423における各レーザー光のビームスポットは、互いに一部重なることで合成されて1つのビームスポットを形成している。

【0131】

各レンズの焦点距離及び入射角は設計者が適宜設定することが可能であるが、被処理物423に最も近いシリンドリカルレンズ417、418の焦点距離は、シリンドリカルレンズ419～422の焦点距離よりも小さくする。例えば、被処理物423に最も近いシリンドリカルレンズ417、418の焦点距離を20mmとし、シリンドリカルレンズ419～422の焦点距離を150mmとする。そしてシリンドリカルレンズ417、418から被処理物400へのレーザー光の入射角は、本実施例では 25° とし、シリンドリカルレンズ419～422からシリンドリカルレンズ417、418へのレーザー光の入射角を 10° とするように各レンズを設置する。なお、戻り光を防ぎ、また均一な照射を行なうために、レーザー光の基板への入射角度を 0° より大きく、望ましくは $5\sim30^\circ$ に保つのが望ましい。

【0132】

図17(D)では、4つのビームスポットを合成する例について示しており、この場合4つのレーザー発振装置にそれぞれ対応するシリンドリカルレンズを4つと、該4つのシリンドリカルレンズに対応する2つのシリンドリカルレンズとを有している。合成するビームスポットの数はこれに限定されず、合成するビームスポットの数は2以上8以下であれば良い。 n ($n=2, 4, 6, 8$)のビームスポットを合成する場合、 n のレーザー発振装置にそれぞれ対応する n のシリンドリカルレンズと、該 n のシリンドリカルレンズに対応する $n/2$ のシ

リンドリカルレンズとを有している。 n ($n=3, 5, 7$)のビームスポットを合成する場合、 n のレーザー発振装置にそれぞれ対応する n のシリンドリカルレンズと、該 n のシリンドリカルレンズに対応する($n+1$)/2のシリンドリカルレンズとを有している。

【0133】

そして、ビームスポットを5つ以上重ね合わせると、光学系を配置する場所及び干渉等を考慮すると、5つ目以降のレーザー光は基板の反対側から照射するのが望ましく、その場合スリットを基板の反対側にも設ける必要がある。また、基板は透過性を有していることが必要である。

【0134】

なお、戻り光がもときた光路をたどって戻るのを防ぐために、基板に対する入射角は、 0 より大きく 90° より小さくなるように保つようにするのが望ましい。

【0135】

また、均一なレーザー光の照射を実現するためには、照射面に垂直な平面であって、かつ合成前の各ビームの形状をそれぞれ長方形と見立てたときの短辺を含む面または長辺を含む面のいずれか一方を入射面と定義すると、前記レーザー光の入射角度 θ は、入射面に含まれる前記短辺または前記長辺の長さがW、前記照射面に設置され、かつ、前記レーザー光に対して透光性を有する基板の厚さがdであるとき、 $\theta \geq \arctan(W/2d)$ を満たすのが望ましい。この議論は合成前の個々のレーザー光について成り立つ必要がある。なお、レーザー光の軌跡が、前記入射面上にないときは、該軌跡を該入射面に射影したものとの入射角度を θ とする。この入射角度 θ でレーザー光が入射されれば、基板の表面での反射光と、前記基板の裏面からの反射光とが干渉せず、一様なレーザー光の照射を行うことができる。以上の議論は、基板の屈折率を1として考えた。実際は、基板の屈折率が1.5前後のものが多く、この数値を考慮に入れると上記議論で算出した角度よりも大きな計算値が得られる。しかしながら、ビームスポットの長手方向の両端のエネルギーは減衰があるため、この部分での干渉の影響は少なく、上記の算出値で十分に干渉減衰の効果が得られる。

【0136】

なお本発明に用いられるレーザー照射装置が有する光学系は、本実施例で示した構成に限定されない。

【0137】

(実施例2)

本実施例では、複数のレーザー発振装置を用いた場合において、レーザー光照射の途中で、AO変調器によりレーザー光のビームスポットの幅を変更する例について説明する。

【0138】

50 本実施例では、コンピューターにおいて、入力されたマ

スクの情報に基づきレーザー光の走査経路を把握する。さらに本実施例では、AO変調器を用いて、複数のレーザー発振装置のうちのいずれかから出力されるレーザー光の方向を変更し、結果的に該レーザー光が被処理物に照射されないようにして、マスクの形状に合わせてビームスポットの幅を変える。この場合、AO変調器によりビームスポットの幅が変わっても、走査方向に対し垂直な方向において、ビームスポットのエネルギー密度の低い領域を遮蔽する必要があり、スリットの幅の制御と、AO変調器によるレーザー光の遮蔽とを同期させる必要がある。

【0139】

図18 (A) に、レーザー光を1回照射する場合の、半導体膜のパターニングのマスクの形状と、ビームスポットの幅の関係を一例として示す。560は半導体膜のパターニングのマスクの形状を示しており、レーザー照射による結晶化の後、該マスクに従って半導体膜がパターニングされる。

【0140】

561と562は、レーザー光が照射された部分を示している。なお561と562は、4つのレーザー発振装置から出力されたレーザー光を重ね合わせて合成することで得られるビームスポットを、走査した部分である。562は561よりもビームスポットの幅が狭くなるように、スリットによって制御されている。

【0141】

なお本実施例のように、AO変調器を用いることで、全てのレーザー発振装置の出力を止めずにビームスポットの幅を自在に変えることができ、レーザー発振装置の出力を止めることで出力が不安定になるのを避けることができる。

【0142】

上記構成により、レーザー光の軌跡の幅を変えることができるので、レーザー光の軌跡のエッジが、パターニングによって得られる半導体と重なるのを防ぐことができる。また不必要的部分にレーザー光を照射することで基板に与えられるダメージをさらに軽減することができる。

【0143】

次に、レーザー光照射の途中で、AO変調器によりレーザー光を遮り、所定の部分にのみレーザー光を照射する例について説明する。なお本実施例ではAO変調器を用いてレーザー光をレーザー光の方向を変更することで、結果的にレーザー光を遮っているが、本発明はこれに限定されず、レーザー光を遮蔽できればどのような手段を用いても良い。

【0144】

本発明では、コンピューターにおいて、入力されたマスクの情報に基づきレーザー光を走査する部分を把握する。さらに本実施例では、走査すべき部分のみにレー

ザー光が照射されるようにAO変調器を用いてレーザー光の方向を変更することで、結果的にレーザー光を遮る。このときAO変調器は、レーザー光を遮ることが可能であり、なおかつレーザー光によって変形または損傷しないような材質で形成するのが望ましい。

【0145】

図18 (B) に、半導体膜のパターニングのマスクの形状と、レーザー光が照射される部分の関係を一例として示す。570は半導体膜のパターニングのマスクの形状を示しており、レーザー光照射による結晶化の後、該マスクに従って半導体膜がパターニングされる。

【0146】

571は、レーザー光が照射された部分を示している。破線で囲まれている部分はAO変調器でレーザー光の方向を変更することで、結果的にレーザー光が遮られている部分を示しており、本実施例では結晶化させる必要のない部分にはレーザー光を照射しないか、照射されていてもそのエネルギー密度が低くなるようにすることができる。したがって、不必要的部分にレーザー光を照射することで基板に与えられるダメージをさらに軽減することができる。

【0147】

次に、画素部、信号線駆動回路及び走査線駆動回路が備えられた半導体表示装置の作製工程において、AO変調器を用い、画素部、信号線駆動回路及び走査線駆動回路に1回づつ選択的にレーザー光を照射する場合について説明する。

【0148】

まず図19 (A) に示すように、信号線駆動回路302及び画素部301に、矢印の方向に走査してレーザー光を照射する。このとき、レーザー光は基板全面に照射するのではなく、走査線駆動回路303にレーザー光が照射されないように、AO変調器を用いてレーザー光の方向を変更することで、結果的にレーザー光を遮る。

【0149】

次に、図19 (B) に示すように、走査線駆動回路303に、矢印の方向に走査してレーザー光を照射する。このとき、信号線駆動回路302及び画素部301にはレーザー光を照射しない。

【0150】

次に、AO変調器を用い、画素部、信号線駆動回路及び走査線駆動回路に1回づつ選択的にレーザー光を照射する場合の、他の例について説明する。

【0151】

まず図19 (C) に示すように、走査線駆動回路303及び画素部301に、矢印の方向に走査してレーザー光を照射する。このとき、レーザー光は基板全面に照射するのではなく、信号線駆動回路302にレーザー光が照射されないように、AO変調器を用いてレーザー光の方向を変更することで、結果的にレーザー光を遮る。

【0152】

次に、図19(D)に示すように、信号線駆動回路302に、矢印の方向に走査してレーザー光を照射する。このとき、走査線駆動回路303及び画素部301にはレーザー光を照射しない。

【0153】

このように、AO変調器を用いて選択的にレーザー光を照射することができるので、各回路が有する活性層のチャネル形成領域のレイアウトに合わせて、回路ごとにレーザー光の走査方向を変更することができる。そして同じ回路に2回レーザー光が照射されるのを避けることができるので、2回目のレーザー光のエッジの部分とレイアウトされた活性層とが重ならないようにするための、レーザー光の経路の設定及び活性層のレイアウトにおける制約がなくなる。

【0154】

次に、AO変調器を用い、画素部、信号線駆動回路及び走査線駆動回路に1回づつ選択的にレーザー光を照射する場合の、大型の基板から複数のパネルを作製する例について説明する。

【0155】

まず図20に示すように、各パネルの信号線駆動回路382及び画素部381に、矢印の方向に走査してレーザー光を照射する。このとき、レーザー光は基板全面に照射するのではなく、走査線駆動回路383にレーザー光が照射されないように、AO変調器を用いてレーザー光の方向を変更することで、結果的にレーザー光を遮る。

【0156】

次に、各パネルの走査駆動回路383に、矢印の方向に走査してレーザー光を照射する。このとき、信号線駆動回路382及び画素部381にはレーザー光を照射しない。なお385は基板386のスクライブラインである。

【0157】

本実施例は、実施例1と組み合わせて実施することが可能である。

【0158】

(実施例3)

本実施例では、ビームスポットを重ね合わせたときの、各ビームスポットの中心間の距離と、エネルギー密度との関係について説明する。

【0159】

図21に、各ビームスポットの中心軸方向におけるエネルギー密度の分布を実線で、合成されたビームスポットのエネルギー密度の分布を破線で示す。ビームスポットの中心軸方向におけるエネルギー密度の値は、一般的にガウス分布に従っている。

【0160】

合成前のビームスポットにおいて、ピーク値の $1/e^2$ 以上のエネルギー密度を満たしている中心軸方向の距離

を1としたときの、各ピーク間の距離をXとする。合成後のピーク値と、パレー値の平均値に対するピーク値の割増分をYとする。シミュレーションで求めたXとYの関係を、図38に示す。なお図38では、Yを百分率で表した。

【0161】

図38において、エネルギー差Yは以下の式1の近似式で表される。

【0162】

10 【式1】

$$Y = 6.0 - 2.93X + 3.40X^2 \quad (X \text{は2つの解のうち大きい方とする})$$

【0163】

式1に従えば、例えばエネルギー差を5%程度にしたい場合、 $X \approx 0.584$ となるようにすれば良いということがわかる。Y=0となるのが理想的だが、それではビームスポットの長さが短くなるので、スループットとのバランスでXを決定すると良い。

【0164】

20 次に、Yの許容範囲について説明する。図39に、ビームスポットが梢円形状を有している場合の、中心軸方向におけるビーム幅に対するYVO4レーザーの出力(W)の分布を示す。斜線で示す領域は、良好な結晶性を得るために必要な出力エネルギーの範囲であり、3.5~6Wの範囲内に合成したレーザー光の出力エネルギーが納まつていれば良いことがわかる。

【0165】

30 合成後のビームスポットの出力エネルギーの最大値と最小値が、良好な結晶性を得るために必要な出力エネルギー範囲にぎりぎりに入るとき、良好な結晶性が得られるエネルギー差Yが最大になる。よって図39の場合は、エネルギー差Yが±2.6.3%となり、上記範囲にエネルギー差Yが納まつていれば良好な結晶性が得られることがわかる。

【0166】

なお、良好な結晶性を得るために必要な出力エネルギーの範囲は、どこまでを結晶性が良好だと判断するかによって変わり、また出力エネルギーの分布もビームスポットの形状によって変わってくるので、エネルギー差Yの40 許容範囲は必ずしも上記値に限定されない。設計者が、良好な結晶性を得るために必要な出力エネルギーの範囲を適宜定め、用いるレーザーの出力エネルギーの分布からエネルギー差Yの許容範囲を設定する必要がある。

【0167】

本実施例は、実施例1または2と組み合わせて実施することが可能である。

【0168】

(実施例4)

本実施例では、ビームスポットの重ね合わせ方について50 説明する。図22は、合成前のビームスポットの、1/

$e^2 \times$ ピーク値のエネルギー密度を満たす領域における、ビームスポットについて示している。

【0169】

図22(A)は、4つのビームスポットを重ね合わせる際に、ビームスポットの各中心が、他のビームスポットと重なっていない場合について示している。

【0170】

図22(B)は、4つのビームスポットを重ね合わせる際に、ビームスポットの各中心が、他のビームスポットのエッジと重なっている場合について示している。

【0171】

図22(C)は、4つのビームスポットを重ね合わせる際に、ビームスポットの各中心が、2つ隣りのビームスポットのエッジと重なっている場合について示している。

【0172】

なお本発明はこの構成に限定されない。ビームスポットの重ね具合は、設計者が適宜設定することができる。本実施例は、実施例1～3と組み合わせて実施することが可能である。

【0173】

(実施例5)

本実施例では、本発明のレーザー結晶化法を用いた、アクティブマトリクス基板の作製方法について図23～図26を用いて説明する。本明細書ではCMOS回路、及び駆動回路と、画素TFT、保持容量とを有する画素部を同一基板上に形成された基板を、便宜上アクティブマトリクス基板と呼ぶ。

【0174】

まず、本実施例ではバリウムホウケイ酸ガラス、またはアルミニホウケイ酸ガラスなどのガラスからなる基板600を用いる。なお、基板600としては、石英基板やシリコン基板、金属基板またはステンレス基板の表面に絶縁膜を形成したものを用いても良い。また、本実施例の処理温度に耐えうる耐熱性を有するプラスチック基板を用いてもよい。

【0175】

次いで、基板600上に酸化珪素膜、窒化珪素膜または酸化窒化珪素膜などの絶縁膜から成る下地膜601を公知の手段(スパッタ法、LPCVD法、プラズマCVD法等)により形成する。本実施例では下地膜601として下地膜601a、601bの2層の下地膜を用いるが、前記絶縁膜の単層膜または2層以上積層させた構造を用いても良い(図23(A))。

【0176】

次いで、下地膜601上に、公知の手段(スパッタ法、LPCVD法、プラズマCVD法等)により25～80nm(好ましくは30～60nm)の厚さで非晶質半導体膜692を形成する(図23(B))。なお、本実施例では非晶質半導体膜を成膜しているが、微結晶半導体

膜、結晶性半導体膜であっても良い。また、非晶質珪素ゲルマニウム膜などの非晶質構造を有する化合物半導体膜を用いても良い。

【0177】

次に、非晶質半導体膜692をパターニングし、フッ化ハロゲン、例えば、ClF、ClF₃、BrF、BrF₃、IF、IF₃等を含む雰囲気で異方性ドライエッチング法によりエッチングすることで、サブアイランド693a、693b、693cを形成する。

10 【0178】

次に、サブアイランド693a、693b、693cをレーザー結晶化法により結晶化させる。レーザー結晶化法は、本発明のレーザー照射方法を用いて行なう。具体的には、レーザー照射装置のコンピューターに入力されたマスクの情報に従って、サブアイランド693a、693b、693cに選択的にレーザー光を照射する。もちろん、レーザー結晶化法だけでなく、他の公知の結晶化法(RTAやファーネスアニュール炉を用いた熱結晶化法、結晶化を助長する金属元素を用いた熱結晶化法等)

20 と組み合わせて行ってもよい。

【0179】

非晶質半導体膜の結晶化に際し、連続発振が可能な固体レーザーを用い、基本波の第2高調波～第4高調波を用いることで、大粒径の結晶を得ることができる。代表的には、Nd:YVO₄レーザー(基本波1064nm)の第2高調波(532nm)や第3高調波(355nm)を用いるのが望ましい。具体的には、連続発振のYVO₄レーザーから射出されたレーザー光を非線形光学素子により高調波に変換し、出力10Wのレーザー光を得る。

30 また、共振器の中にYVO₄結晶と非線形光学素子を入れて、高調波を射出する方法もある。そして、好ましくは光学系により照射面にて矩形状または橢円形状のレーザー光に成形して、被処理体に照射する。このときのエネルギー密度は0.01～100MW/cm²程度(好ましくは0.1～10MW/cm²)が必要である。そして、10～2000cm/s程度の速度でレーザー光に対して相対的に半導体膜を移動させて照射する。

【0180】

40 なおレーザー照射は、連続発振の気体レーザーもしくは固体レーザーを用いることができる。気体レーザーとして、エキシマレーザー、Arレーザー、Krレーザーなどがあり、固体レーザーとして、YAGレーザー、YVO₄レーザー、YLFレーザー、YAlO₃レーザー、ガラスレーザー、ルビーレーザー、アレキサンンドライドレーザー、Ti:サファイアレーザー、Y₂O₃レーザーなどが挙げられる。固体レーザーとしては、Cr、Nd、Er、Ho、Ce、Co、Ti、Yb又はTmがドーピングされたYAG、YVO₄、YLF、YAlO₃などの結晶を使ったレーザー等も使用可能である。当該

レーザーの基本波はドーピングする材料によって異なり、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 前後の基本波を有するレーザー光が得られる。基本波に対する高調波は、非線形光学素子を用いることで得ることができる。

【0181】

上述したレーザー結晶化によって、サブアイランド693a、693b、693cにレーザー光が照射され、結晶性が高められたサブアイランド694a、694b、694cが形成される(図23(B))。

【0182】

次に、結晶性が高められたサブアイランド694a、694b、694cを所望の形状にパターニングして、結晶化されたアイランド602～606を形成する(図23(C))。

【0183】

また、アイランド602～606を形成した後、TFTのしきい値を制御するために微量な不純物元素(ボロンまたはリン)のドーピングを行ってもよい。

【0184】

次いで、アイランド602～606を覆うゲート絶縁膜607を形成する。ゲート絶縁膜607はプラズマCVD法またはスパッタ法を用い、厚さを $4.0\sim15.0\text{ nm}$ として珪素を含む絶縁膜で形成する。本実施例では、プラズマCVD法により 11.0 nm の厚さで酸化窒化珪素膜(組成比Si=3.2%、O=5.9%、N=7%、H=2%)で形成した。勿論、ゲート絶縁膜は酸化窒化珪素膜に限定されるものではなく、他の珪素を含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【0185】

また、酸化珪素膜を用いる場合には、プラズマCVD法でTEOS(Tetraethyl Orthosilicate)とO₂とを混合し、反応圧力40Pa、基板温度300～400℃とし、高周波(13.56MHz)電力密度0.5～0.8W/cm²で放電させて形成することができる。このようにして作製される酸化珪素膜は、その後400～500℃の熱アニールによりゲート絶縁膜として良好な特性を得ることができる。

【0186】

次いで、ゲート絶縁膜607上に膜厚 $2.0\sim10.0\text{ nm}$ の第1の導電膜608と、膜厚 $1.00\sim4.00\text{ nm}$ の第2の導電膜609とを積層形成する。本実施例では、膜厚3.0nmのTaN膜からなる第1の導電膜608と、膜厚3.70nmのW膜からなる第2の導電膜609を積層形成した。TaN膜はスパッタ法で形成し、Taのターゲットを用い、窒素を含む雰囲気内でスパッタする。また、W膜は、Wのターゲットを用いたスパッタ法で形成した。その他に6フッ化タンクステン(WF₆)を用いる熱CVD法で形成することもできる。いずれにしてもゲート電極として使用するためには低抵抗化を図る必要があり、W膜の抵抗率は $2.0\text{ }\mu\Omega\text{ cm}$ 以下にすること

が望ましい。W膜は結晶粒を大きくすることで低抵抗率化を図ることができるが、W膜中に酸素などの不純物元素が多い場合には結晶化が阻害され高抵抗化する。従つて、本実施例では、高純度のW(純度99.999%)のターゲットを用いたスパッタ法で、さらに成膜時に気相中からの不純物の混入がないよう十分配慮してW膜を形成することにより、抵抗率 $9\sim20\text{ }\mu\Omega\text{ cm}$ を実現することができる。

【0187】

- 10 なお、本実施例では、第1の導電膜608をTaN、第2の導電膜609をWとしたが、特に限定されず、いずれもTa、W、Ti、Mo、Al、Cu、Cr、Ndから選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で形成してもよい。また、リン等の不純物元素をドーピングした多結晶珪素膜に代表される半導体膜を用いてもよい。また、AgPdCu合金を用いてもよい。また、第1の導電膜をタンタル(Ta)膜で形成し、第2の導電膜をW膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化チタン(TiN)膜で形成し、第2の導電膜をW膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル(TaN)で形成し、第2の導電膜をWとする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル(TaN)膜で形成し、第2の導電膜をAl膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル(TaN)膜で形成し、第2の導電膜をCu膜とする組み合わせとしてもよい。

【0188】

- また、2層構造に限定されず、例えば、タンクステン膜、アルミニウムとシリコンの合金(Al-Si)膜、窒化チタン膜を順次積層した3層構造としてもよい。また、3層構造とする場合、タンクステンに代えて窒化タンクステンを用いてもよいし、アルミニウムとシリコンの合金(Al-Si)膜に代えてアルミニウムとチタンの合金膜(Al-Ti)を用いてもよいし、窒化チタン膜に代えてチタン膜を用いてもよい。

【0189】

- なお、導電膜の材料によって、適宜最適なエッチングの方法や、エッチャントの種類を選択することが重要である。

【0190】

- 40 次に、フォトリソグラフィ法を用いてレジストからなるマスク610～615を形成し、電極及び配線を形成するための第1のエッチング処理を行う。第1のエッチング処理では第1及び第2のエッチング条件で行う。(図24(B)) 本実施例では第1のエッチング条件として、ICP(Inductively Coupled Plasma)エッチング法を用い、エッチャント用ガスにCF₄とCl₂とO₂とを用い、それぞれのガス流量比を2.5:2.5:1.0(ccm)とし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF(13.56MHz)電力を投入してプラズマを生

成してエッティングを行う。基板側（試料ステージ）にも150WのRF（13.56MHz）電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。この第1のエッティング条件によりW膜をエッティングして第1の導電層の端部をテーパー形状とする。

【0191】

この後、レジストからなるマスク610～615を除去せずに第2のエッティング条件に変え、エッティング用ガスにCF₄とCl₂とを用い、それぞれのガス流量比を30:30（sccm）とし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF（13.56MHz）電力を投入してプラズマを生成して約30秒程度のエッティングを行った。基板側（試料ステージ）にも20WのRF（13.56MHz）電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。CF₄とCl₂を混合した第2のエッティング条件ではW膜及びTaN膜とも同程度にエッティングされる。なお、ゲート絶縁膜上に残渣を残すことなくエッティングするためには、10～20%程度の割合でエッティング時間を増加させると良い。

【0192】

上記第1のエッティング処理では、レジストからなるマスクの形状を適したものとすることにより、基板側に印加するバイアス電圧の効果により第1の導電層及び第2の導電層の端部がテーパー形状となる。このテーパー部の角度は15～45°となる。こうして、第1のエッティング処理により第1の導電層と第2の導電層から成る第1の形状の導電層617～622（第1の導電層617a～622aと第2の導電層617b～622b）を形成する。616はゲート絶縁膜であり、第1の形状の導電層617～622で覆われない領域は20～50nm程度エッティングされ薄くなった領域が形成される。

【0193】

次いで、レジストからなるマスクを除去せずに第2のエッティング処理を行う。（図24（C））ここでは、エッティングガスにCF₄とCl₂とO₂とを用い、W膜を選択的にエッティングする。この時、第2のエッティング処理により第2の導電層628b～633bを形成する。一方、第1の導電層617a～622aは、ほとんどエッティングされず、第2の形状の導電層628～633を形成する。

【0194】

そして、レジストからなるマスクを除去せずに第1のドーピング処理を行い、アイランドにn型を付与する不純物元素を低濃度に添加する。ドーピング処理はイオンドープ法、若しくはイオン注入法で行えば良い。イオンドープ法の条件はドーズ量を1×10¹³～5×10¹⁴atoms/cm²とし、加速電圧を40～80kVとして行う。本実施例ではドーズ量を1.5×10¹³atoms/cm²とし、加速電圧を60kVとして行う。n型を付与する不純物元素として15族に属する元

素、典型的にはリン（P）または砒素（As）を用いるが、ここではリン（P）を用いる。この場合、導電層628～633がn型を付与する不純物元素に対するマスクとなり、自己整合的に不純物領域623～627が形成される。不純物領域623～627には1×10¹⁸～1×10²⁰/cm³の濃度範囲でn型を付与する不純物元素を添加する。

【0195】

レジストからなるマスクを除去した後、新たにレジストからなるマスク634a～634cを形成して第1のドーピング処理よりも高い加速電圧で第2のドーピング処理を行う。イオンドープ法の条件はドーズ量を1×10¹³～1×10¹⁵atoms/cm²とし、加速電圧を60～120kVとして行う。ドーピング処理は第2の導電層628b～632bを不純物元素に対するマスクとして用い、第1の導電層のテーパー部の下方のアイランドに不純物元素が添加されるようにドーピングする。続いて、第2のドーピング処理より加速電圧を下げて第3のドーピング処理を行って図25（A）の状態を得る。イオンドープ法の条件はドーズ量を1×10¹⁵～1×10¹⁷atoms/cm²とし、加速電圧を50～100kVとして行う。第2のドーピング処理および第3のドーピング処理により、第1の導電層と重なる低濃度不純物領域636、642、648には1×10¹⁸～5×10¹⁹/cm³の濃度範囲でn型を付与する不純物元素を添加され、高濃度不純物領域635、641、644、647には1×10¹⁹～5×10²¹/cm³の濃度範囲でn型を付与する不純物元素を添加される。

【0196】

もちろん、適当な加速電圧にすることで、第2のドーピング処理および第3のドーピング処理は1回のドーピング処理で、低濃度不純物領域および高濃度不純物領域を形成することも可能である。

【0197】

次いで、レジストからなるマスクを除去した後、新たにレジストからなるマスク650a～650cを形成して第4のドーピング処理を行う。この第4のドーピング処理により、pチャネル型TFTの活性層となるアイランドに前記一導電型とは逆の導電型を付与する不純物元素が添加された不純物領域653、654、659、660を形成する。第2の導電層628a～632aを不純物元素に対するマスクとして用い、p型を付与する不純物元素を添加して自己整合的に不純物領域を形成する。本実施例では、不純物領域653、654、659、660はジボラン（B₂H₆）を用いたイオンドープ法で形成する。（図25（B））この第4のドーピング処理の際には、nチャネル型TFTを形成するアイランドはレジストからなるマスク650a～650cで覆われている。第1乃至3のドーピング処理によって、不純物領

域653と654、659と660にはそれぞれ異なる濃度でリンが添加されているが、そのいずれの領域においてもp型を付与する不純物元素の濃度を $1 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{21}$ atoms/cm³となるようにドーピング処理することにより、pチャネル型TFTのソース領域およびドレイン領域として機能するために何ら問題は生じない。

【0198】

以上までの工程で、それぞれのアイランドに不純物領域が形成される。

【0199】

次いで、レジストからなるマスク650a～650cを除去して第1の層間絶縁膜661を形成する。この第1の層間絶縁膜661としては、プラズマCVD法またはスパッタ法を用い、厚さを100～200nmとして珪素を含む絶縁膜で形成する。本実施例では、プラズマCVD法により膜厚150nmの酸化窒化珪素膜を形成した。勿論、第1の層間絶縁膜661は酸化窒化珪素膜に限定されるものではなく、他の珪素を含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【0200】

次いで、図25(C)に示すように、活性化処理としてレーザー照射方法を用いる。レーザーハニール法を用いる場合、結晶化の際に用いたレーザーを使用することが可能である。活性化の場合は、移動速度は結晶化と同じにし、0.01～100MW/cm²程度(好ましくは0.01～10MW/cm²)のエネルギー密度が必要となる。また結晶化の際には連続発振のレーザーを用い、活性化の際にはパルス発振のレーザーを用いるようにしても良い。

【0201】

また、第1の層間絶縁膜を形成する前に活性化処を行っても良い。

【0202】

そして、加熱処理(300～550°Cで1～12時間の熱処理)を行うと水素化を行うことができる。この工程は第1の層間絶縁膜661に含まれる水素によりアイランドのダンギングボンドを終端する工程である。水素化の他の手段として、プラズマ水素化(プラズマにより励起された水素を用いる)や、3～100%の水素を含む雰囲気中で300～650°Cで1～12時間の加熱処理を行っても良い。この場合は、第1の層間絶縁膜の存在に關係なく半導体層を水素化することができる。

【0203】

次いで、第1の層間絶縁膜661上に無機絶縁膜材料または有機絶縁物材料から成る第2の層間絶縁膜662を形成する。本実施例では、膜厚1.6μmのアクリル樹脂膜を形成した。次に、第2の層間絶縁膜662を形成した後、第2の層間絶縁膜662に接するように、第3の層間絶縁膜672を形成する。

【0204】

そして、駆動回路686において、各不純物領域とそれ電気的に接続する配線663～668を形成する。なお、これらの配線は、膜厚50nmのTi膜と、膜厚500nmの合金膜(A1とTiとの合金膜)との積層膜をパターニングして形成する。もちろん、二層構造に限らず、単層構造でもよいし、三層以上の積層構造にしてもよい。また、配線の材料としては、A1とTiに限らない。例えば、TaN膜上にA1やCuを形成し、さらにTi膜を形成した積層膜をパターニングして配線を形成してもよい。(図26)

【0205】

また、画素部687においては、画素電極670、ゲート配線669、接続電極668を形成する。この接続電極668によりソース配線(643aと643bの積層)は、画素TFTと電気的な接続が形成される。また、ゲート配線669は、画素TFTのゲート電極と電気的な接続が形成される。また、画素電極670は、画素TFTのドレイン領域690と電気的な接続が形成され、さらに保持容量を形成する一方の電極として機能するアイランド685と電気的な接続が形成される。また、本願では画素電極と接続電極と同じ材料で形成しているが、画素電極670としては、A1またはAgを主成分とする膜、またはそれらの積層膜等の反射性の優れた材料を用いることが望ましい。

【0206】

以上の様にして、nチャネル型TFT681とpチャネル型TFT682からなるCMOS回路、及びnチャネル型TFT683を有する駆動回路686と、画素TFT684、保持容量685とを有する画素部687を同一基板上に形成することができる。こうして、アクティブマトリクス基板が完成する。

【0207】

駆動回路686のnチャネル型TFT681はチャネル形成領域637、ゲート電極の一部を構成する第1の導電層628aと重なる低濃度不純物領域636(GOLD(Gate Overlapped LDD)領域)、ソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域652を有している。このnチャネル型TFT681と電極666で接続してCMOS回路を形成するpチャネル型TFT682にはチャネル形成領域640、ソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域653と、p型を付与する不純物元素が導入された不純物領域654を有している。また、nチャネル型TFT683にはチャネル形成領域643、ゲート電極の一部を構成する第1の導電層630aと重なる低濃度不純物領域642(GOLD領域)、ソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域656を有している。

50 【0208】

画素部の画素 TFT 6 8 4 にはチャネル形成領域 6 4 6、ゲート電極の外側に形成される低濃度不純物領域 6 4 5 (LDD 領域)、ソース領域またはドレン領域として機能する高濃度不純物領域 6 5 8 を有している。また、保持容量 6 8 5 の一方の電極として機能するアイランドには、n 型を付与する不純物元素および p 型を付与する不純物元素が添加されている。保持容量 6 8 5 は、絶縁膜 6 1 6 を誘電体として、電極 (6 3 2 a と 6 3 2 b の積層) と、アイランドとで形成している。

【0209】

本実施例の画素構造は、ブラックマトリクスを用いることなく、画素電極間の隙間が遮光されるように、画素電極の端部をソース配線と重なるように配置形成する。

【0210】

本実施例は、実施例 1 ~ 実施例 4 と組み合わせて実施することが可能である。

【0211】

(実施例 6)

本実施例では、実施例 5 で作製したアクティブマトリクス基板から、反射型液晶表示装置を作製する工程を以下に説明する。説明には図 27 を用いる。

【0212】

まず、実施例 5 に従い、図 26 の状態のアクティブマトリクス基板を得た後、図 26 のアクティブマトリクス基板上、少なくとも画素電極 6 7 0 上に配向膜 8 6 7 を形成しラビング処理を行う。なお、本実施例では配向膜 8 6 7 を形成する前に、アクリル樹脂膜等の有機樹脂膜をパターニングすることによって基板間隔を保持するための柱状のスペーサ 8 7 2 を所望の位置に形成した。また、柱状のスペーサに代えて、球状のスペーサを基板全面に散布してもよい。

【0213】

次いで、対向基板 8 6 9 を用意する。次いで、対向基板 8 6 9 上に着色層 8 7 0、8 7 1、平坦化膜 8 7 3 を形成する。赤色の着色層 8 7 0 と青色の着色層 8 7 1 とを重ねて、遮光部を形成する。また、赤色の着色層と緑色の着色層とを一部重ねて、遮光部を形成してもよい。

【0214】

本実施例では、実施例 5 に示す基板を用いている。従って、少なくともゲート配線 6 6 9 と画素電極 6 7 0 の間隙と、ゲート配線 6 6 9 と接続電極 6 6 8 の間隙と、接続電極 6 6 8 と画素電極 6 7 0 の間隙を遮光する必要がある。本実施例では、それらの遮光すべき位置に着色層の積層からなる遮光部が重なるように各着色層を配置して、対向基板を貼り合わせた。

【0215】

このように、ブラックマスク等の遮光層を形成することなく、各画素間の隙間を着色層の積層からなる遮光部で遮光することによって工程数の低減を可能とした。

【0216】

次いで、平坦化膜 8 7 3 上に透明導電膜からなる対向電極 8 7 6 を少なくとも画素部に形成し、対向基板の全面に配向膜 8 7 4 を形成し、ラビング処理を施した。

【0217】

そして、画素部と駆動回路が形成されたアクティブマトリクス基板と対向基板とをシール材 8 6 8 で貼り合わせる。シール材 8 6 8 にはフィラーが混入されていて、このフィラーと柱状スペーサによって均一な間隔を持って 2 枚の基板が貼り合わせられる。その後、両基板の間に

- 10 液晶材料 8 7 5 を注入し、封止剤 (図示せず) によって完全に封止する。液晶材料 8 7 5 には公知の液晶材料を用いれば良い。このようにして図 27 に示す反射型液晶表示装置が完成する。そして、必要があれば、アクティブマトリクス基板または対向基板を所望の形状に分断する。さらに、対向基板のみに偏光板 (図示しない) を貼りつけた。そして、公知の技術を用いて FPC を貼りつけた。

【0218】

- 以上のようにして作製される液晶表示装置はエネルギー分布が周期的または一様なレーザー光が照射され、大粒径の結晶粒が形成された半導体膜を用いて作製された TFT を有しており、前記液晶表示装置の動作特性や信頼性を十分なものとなり得る。そして、このような液晶表示装置は各種電子機器の表示部として用いることができる。

【0219】

- なお、本実施例は実施例 1 ~ 実施例 5 と組み合わせて実施することが可能である。

【0220】

- 30 (実施例 7)
- 本実施例では、実施例 5 で示したアクティブマトリクス基板を作製するときの TFT の作製方法を用いて、発光装置を作製する例を以下に説明する。発光装置とは、基板上に形成された発光素子を該基板とカバー材の間に封入した表示用パネルおよび該表示用パネルに TFT 等を実装した表示用モジュールを総称したものである。なお、発光素子は、電場を加えることで発生するルミネッセンス (Electro Luminescence) が得られる有機化合物を含む層 (発光層) と陽極層と、

- 40 陰極層とを有する。また、有機化合物におけるルミネッセンスには、一重項励起状態から基底状態に戻る際の発光 (螢光) と三重項励起状態から基底状態に戻る際の発光 (リン光) があり、これらのうちどちらか、あるいは両方の発光を含む。

【0221】

- なお、本明細書中では、発光素子において陽極と陰極の間に形成された全ての層を有機発光層と定義する。有機発光層には具体的に、発光層、正孔注入層、電子注入層、正孔輸送層、電子輸送層等が含まれる。基本的に発光素子は、陽極層、発光層、陰極層が順に積層された構

造を有しており、この構造に加えて、陽極層、正孔注入層、発光層、陰極層や、陽極層、正孔注入層、発光層、電子輸送層、陰極層等の順に積層した構造を有していることもある。

【0222】

なお本実施例で用いられる発光素子は、正孔注入層、電子注入層、正孔輸送層または電子輸送層等が、無機化合物単独で、または有機化合物に無機化合物が混合されている材料で形成されている形態をも取り得る。また、これらの層どうしが互いに一部混合していても良い。

【0223】

図28 (A) は、第3の層間絶縁膜750まで形成した時点での、本実施例の発光装置の断面図である。図28 (A)において、基板700上に設けられたスイッチングTFT733、電流制御TFT734は実施例5の作製方法を用いて形成される。本実施例ではスイッチングTFT733は、チャネル形成領域が二つ形成されるダブルゲート構造としているが、チャネル形成領域が一つ形成されるシングルゲート構造もしくは三つ以上形成される構造であっても良い。また、本実施例では電流制御TFT734は、チャネル形成領域が一つ形成されるシングルゲート構造としているが、チャネル形成領域が二つ以上形成される構造であっても良い。

【0224】

基板700上に設けられた駆動回路が有するnチャネル型TFT731、pチャネル型TFT732は実施例5の作製方法を用いて形成される。なお、本実施例ではシングルゲート構造としているが、ダブルゲート構造もしくはトリプルゲート構造であっても良い。

【0225】

第3の層間絶縁膜750は、発光装置の場合、第2の層間絶縁膜751に含まれる水分が有機発光層に入るのを防ぐのに効果的である。第2の層間絶縁膜751が有機樹脂材料を有している場合、有機樹脂材料は水分を多く含むため、第3の層間絶縁膜750を設けることは特に有効である。

【0226】

実施例5の第3の層間絶縁膜を作製する工程まで終了したら、本実施例では第3の層間絶縁膜750上に画素電極711を形成する。

【0227】

なお、画素電極711は、透明導電膜からなる画素電極(発光素子の陽極)である。透明導電膜としては、酸化インジウムと酸化スズとの化合物、酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物、酸化亜鉛、酸化スズまたは酸化インジウムを用いることができる。また、前記透明導電膜にガリウムを添加したものも用いても良い。画素電極711は、配線を形成する前に平坦な第3の層間絶縁膜750上に形成する。本実施例においては、樹脂からなる第2の層間絶縁膜751を用いてTFTによる段差を平坦

化することは非常に重要である。後に形成される発光層は非常に薄いため、段差が存在することによって発光不良を起こす場合がある。従って、発光層をできるだけ平坦面に形成しうるように画素電極を形成する前に平坦化しておくことが望ましい。

【0228】

次に、図28 (B) に示すように、第3の層間絶縁膜750を覆うように黒色染料、カーボンまたは黒色の顔料などを分散した樹脂膜を成膜し、発光素子となる部分に10開口部を形成することで、遮蔽膜770を成膜する。なお樹脂として、代表的にはポリイミド、ポリアミド、アクリル、BCB(ベンゾシクロブテン)等が挙げられるが、上記材料に限定されない。また有機樹脂の他に、遮蔽膜の材料として例えば、珪素、酸化珪素、酸化窒化珪素などに黒色染料、カーボンまたは黒色の顔料を混入したもの用いることも可能である。遮蔽膜770は、配線701～707において反射した外光が、観察者の目に入るのを防ぐ効果がある。

【0229】

20 次に、画素電極711形成後、ゲート絶縁膜752、第1の層間絶縁膜753、第2の層間絶縁膜751、第3の層間絶縁膜750、遮蔽膜770にコンタクトホールを形成する。そして画素電極711を覆って遮蔽膜770上に導電膜を形成し、該導電膜をエッチングすることで、各TFTの不純物領域とそれぞれ電気的に接続する配線701～707を形成する。なお、これらの配線は、膜厚50nmのTi膜と、膜厚500nmの合金膜(A1とTiとの合金膜)との積層膜をパターニングして形成する。もちろん、二層構造に限らず、単層構造でもよいし、三層以上の積層構造にしてもよい。また、配線の材料としては、A1とTiに限らない。例えば、TaN膜上にA1やCuを形成し、さらにTi膜を形成した積層膜をパターニングして配線を形成してもよい。

(図28 (A))

【0230】

また、配線707は電流制御TFTのソース配線(電流供給線に相当する)であり、706は電流制御TFTのドレイン領域と画素電極711とを電気的に接続する電極である。

40 【0231】

配線701～707を形成後、樹脂材料でなるバンク712を形成する。バンク712は1～2μm厚のアクリル膜またはポリイミド膜をパターニングして画素電極711の一部を露出させるように形成する。

【0232】

画素電極711の上には発光層713が形成される。なお、図28 (B) では一画素しか図示していないが、本実施例ではR(赤)、G(緑)、B(青)の各色に対応した発光層を作り分けている。また、本実施例では蒸着法により低分子系有機発光材料を形成している。具体的

には、正孔注入層として20nm厚の銅フタロシアニン(CuPc)膜を設け、その上に発光層として70nm厚のトリス-8-キノリノラトアルミニウム錯体(A1q3)膜を設けた積層構造としている。A1q3にキナクリドン、ペリレンもしくはDCM1といった蛍光色素を添加することで発光色を制御することができる。

【0233】

但し、以上の例は発光層として用いることのできる有機発光材料の一例であって、これに限定する必要はまったくない。発光層、電荷輸送層または電荷注入層を自由に組み合わせて発光層(発光及びそのためのキャリアの移動を行わせるための層)を形成すれば良い。例えば、本実施例では低分子系有機発光材料を発光層として用いる例を示したが、中分子系有機発光材料や高分子系有機発光材料を用いても良い。なお、本明細書において、昇華性を有さず、かつ、分子数が20以下または連鎖する分子の長さが10μm以下の有機発光材料を中分子系有機発光材料とする。また、高分子系有機発光材料を用いる例として、正孔注入層として20nmのポリチオフェン(PEDOT)膜をスピンドル塗布法により設け、その上に発光層として100nm程度のパラフェニレンビニレン(PPV)膜を設けた積層構造としても良い。なお、PPVのπ共役系高分子を用いると、赤色から青色まで発光波長を選択できる。また、電荷輸送層や電荷注入層として炭化珪素等の無機材料を用いることも可能である。これらの有機発光材料や無機材料は公知の材料を用いることができる。

【0234】

次に、発光層713の上には導電膜からなる陰極714が設けられる。本実施例の場合、導電膜としてアルミニウムとリチウムとの合金膜を用いる。勿論、公知のMgAg膜(マグネシウムと銀との合金膜)を用いても良い。陰極材料としては、周期表の1族もしくは2族に属する元素からなる導電膜もしくはそれらの元素を添加した導電膜を用いれば良い。

【0235】

この陰極714まで形成された時点で発光素子715が完成する。なお、ここでいう発光素子715は、画素電極(陽極)711、発光層713及び陰極714で形成されたダイオードを指す。

【0236】

発光素子715を完全に覆うようにして保護膜754を設けても良い。保護膜754としては、炭素膜、窒化珪素膜もしくは窒化酸化珪素膜を含む絶縁膜からなり、該絶縁膜を単層もしくは組み合わせた積層で用いる。

【0237】

この際、カバーレッジの良い膜を保護膜754として用いることが好ましく、炭素膜、特にDLC(ダイヤモンドライクカーボン)膜を用いることは有効である。DLC膜は室温から100°C以下の温度範囲で成膜可能である

ため、耐熱性の低い発光層713の上方にも容易に成膜することができる。また、DLC膜は酸素に対するプロテクティング効果が高く、発光層713の酸化を抑制することが可能である。そのため、この後に続く封止工程を行う間に発光層713が酸化するといった問題を防止できる。

【0238】

本実施例では、発光層と713は全てバリア性の高い炭素膜、窒化珪素、窒化酸化珪素、窒化アルミニウムもしくは窒化酸化アルミニウム等の無機絶縁膜で覆われているため、水分や酸素等が発光層に入りて発光層が劣化するのをより効果的に防ぐことができる。

【0239】

特に第3絶縁膜750、パッシベーション膜712、保護膜754を、シリコンをターゲットとしたスパッタリング法により作製される窒化珪素膜を用いることで、より発光層への不純物の侵入を防ぐことができる。成膜条件は適宜選択すれば良いが、特に好ましくはスパッタガスには窒素(N₂)又は窒素とアルゴンの混合ガスを用い、高周波電力を印加してスパッタリングを行う。基板温度は室温の状態とし、加熱手段を用いなくても良い。既に有機絶縁膜や有機化合物層を形成した後は、基板を加熱せずに成膜することが望ましい。但し、吸着又は吸蔵している水分を十分除去するために、真空中で数分～数時間、50～100°C程度で加熱して脱水処理することは好ましい。

【0240】

室温でシリコンをターゲットとし、13.56MHzの高周波電力を印加し、窒素ガスのみ用いたスパッタリング法で形成された窒化珪素膜は、その赤外吸収スペクトルにおいてN-H結合とSi-H結合の吸収ピークが観測されず、またSi-Oの吸収ピークも観測されていないことが特徴的であり、膜中に酸素濃度及び水素濃度は1原子%以下であることがわかっている。このことからも、より効果的に酸素や水分などの不純物の侵入を防ぐことができるのがわかる。

【0241】

さらに、発光素子715を覆って封止材717を設け、カバー材718を貼り合わせる。封止材717としては紫外線硬化樹脂を用いれば良く、内部に吸湿効果を有する物質もしくは酸化防止効果を有する物質を設けることは有効である。また、本実施例においてカバー材718はガラス基板や石英基板やプラスチック基板(プラスチックフィルムも含む)の両面に炭素膜(好ましくはダイヤモンドライクカーボン膜)を形成したものを用いる。

【0242】

こうして図28(B)に示すような構造の発光装置が完成する。なお、パンク712を形成した後、保護膜を形成するまでの工程を、大気開放せずに連続的に処理することは有効である。また、さらに発展させてカバー材7

18を貼り合わせる工程までを大気解放せずに連続的に処理することも可能である。

【0243】

こうして、基板700上にnチャネル型TFT731、732、スイッチングTFT（nチャネル型TFT）733および電流制御TFT（nチャネル型TFT）734が形成される。

【0244】

なお本実施例では遮蔽膜770を第3の層間絶縁膜750とバンク712の間に形成したが、本発明はこの構成に限定されない。配線701～707において反射した外光が、観察者の目に入るのを防ぐことができる位置に設けることが肝要である。例えば、本実施例のように発光素子715から発せられる光が基板700側に向かっている場合、第1の層間絶縁膜753と第2の層間絶縁膜751の間に遮蔽膜を設けるようにしても良い。そしてこの場合においても、遮蔽膜は発光素子からの光が通過できるように開口部を有する。

【0245】

さらに、図28を用いて説明したように、ゲート電極に絶縁膜を介して重なる不純物領域を設けることによりホットキャリア効果に起因する劣化に強いnチャネル型TFTを形成することができる。そのため、信頼性の高い発光装置を実現できる。

【0246】

また、本実施例では画素部と駆動回路の構成のみ示しているが、本実施例の製造工程に従えば、その他にも信号分割回路、D/Aコンバータ、オペアンプ、 γ 補正回路などの論理回路を同一の絶縁体上に形成可能であり、さらにはメモリやマイクロプロセッサをも形成しうる。

【0247】

以上のようにして作製される発光装置はエネルギー分布が周期的または一様なレーザー光が照射され、大粒径の結晶粒が形成された半導体膜を用いて作製されたTFTを有しており、前記発光装置の動作特性や信頼性を十分なものとなり得る。そして、このような発光装置は各種電子機器の表示部として用いることができる。

【0248】

なお、本実施例では、発光素子から発せられる光がTFT側に向かっているが、発光素子がTFTとは反対側に向かっていても良い。この場合、バンクに黒色染料、カーボンまたは黒色の顔料を混入した樹脂を用いることができる。図33に、発光素子からの発光がTFTとは反対の方に向いている発光装置の断面図を示す。

【0249】

図33では、第3の層間絶縁膜1950を形成した後、ゲート絶縁膜1952、第1の層間絶縁膜1953、第2の層間絶縁膜1951、第3の層間絶縁膜1950にコンタクトホールを形成する。そして第3の層間絶縁膜1950上に導電膜を形成し、該導電膜をエッチングす

ることで、各TFTの不純物領域とそれぞれ電気的に接続する配線1901～1907を形成する。なお、これらの配線は、300nm厚のアルミニウム合金膜（1wt%のチタンを含有したアルミニウム膜）をパターニングして形成する。もちろん、単層構造に限らず、二層以上の積層構造にしてもよい。また、配線の材料としては、AlとTiに限らない。そして、配線1906の一部は画素電極を兼ねている。

【0250】

10 配線1901～1907を形成後、樹脂材料であるバンク1912を形成する。バンク1912は1～2μm厚の黒色染料、カーボンまたは黒色の顔料を混入した樹脂をパターニングして画素電極1906の一部を露出させるように形成する。なお樹脂として、代表的にはポリイミド、ポリアミド、アクリル、BCB（ベンゾシクロブテン）等が挙げられるが、上記材料に限定されない。

【0251】

20 画素電極1906の上には発光層1913が形成される。そして、発光層1913を覆って透明導電膜からなる対向電極（発光素子の陽極）が形成される。透明導電膜としては、酸化インジウムと酸化スズとの化合物、酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物、酸化亜鉛、酸化スズまたは酸化インジウムを用いることができる。また、前記透明導電膜にガリウムを添加したものを用いても良い。

【0252】

画素電極906、発光層1913、対向電極1914によって発光素子1915が形成される。

【0253】

30 遮蔽膜1970は、配線1901～1907において反射した外光が、観察者の目に入るのを防ぐ効果がある。

【0254】

なお、本実施例は実施例1～実施例6のいずれか一と組み合わせて実施することができる。

【0255】

（実施例8）

本実施例では、本発明の半導体装置の1つである発光装置の画素の構成について説明する。図29に本実施例の発光装置の画素の断面図を示す。

40 【0256】

図29において、911は基板、912は下地となる絶縁膜（以下、下地膜という）である。基板911としては透光性基板、代表的にはガラス基板、石英基板、ガラスセラミックス基板、又は結晶化ガラス基板を用いることができる。但し、作製プロセス中の最高処理温度に耐えるものでなくてはならない。

【0257】

8201はスイッチングTFT、8202は電流制御TFTであり、それぞれnチャネル型TFT、pチャネル型TFTで形成されている。有機発光層の発光方向が基

板の下面（TFT及び有機発光層が設けられていない面）の場合、上記構成であることが好ましい。しかしひッピングTFTと電流制御TFTは、nチャネル型TFTでもpチャネル型TFTでも、どちらでも構わない。

【0258】

スイッピングTFT8201は、ソース領域913、ドレイン領域914、LDD領域915a～915d、分離領域916及びチャネル形成領域963、964を含む活性層と、ゲート絶縁膜918と、ゲート電極919a、919bと、第1層間絶縁膜920と、ソース信号線921と、ドレイン配線922とを有している。なお、ゲート絶縁膜918又は第1層間絶縁膜920は基板上の全TFTと共に通であっても良いし、回路又は素子に応じて異ならせてても良い。

【0259】

また、図29に示すスイッピングTFT8201はゲート電極917a、917bが電気的に接続されており、いわゆるダブルゲート構造となっている。勿論、ダブルゲート構造だけでなく、トリプルゲート構造などいわゆるマルチゲート構造（直列に接続された二つ以上のチャネル形成領域を有する活性層を含む構造）であっても良い。

【0260】

マルチゲート構造はオフ電流を低減する上で極めて有効であり、スイッピングTFTのオフ電流を十分に低くすれば、それだけ電流制御TFT8202のゲート電極に接続された保持容量が必要とする最低限の容量を抑えることができる。即ち、保持容量の面積を小さくすることができるので、マルチゲート構造とすることは発光素子の有効発光面積を広げる上で有効である。

【0261】

さらに、スイッピングTFT8201においては、LDD領域915a～915dは、ゲート絶縁膜918を介してゲート電極919a、919bと重ならないように設ける。このような構造はオフ電流を低減する上で非常に効果的である。また、LDD領域915a～915dの長さ（幅）は0.5～3.5μm、代表的には2.0～2.5μmとすれば良い。なお、二つ以上のゲート電極を有するマルチゲート構造の場合、チャネル形成領域の間に設けられた分離領域916（ソース領域又はドレイン領域と同一の濃度で同一の不純物元素が添加された領域）がオフ電流の低減に効果的である。

【0262】

次に、電流制御TFT8202は、ソース領域926、ドレイン領域927及びチャネル形成領域905を含む活性層と、ゲート絶縁膜918と、ゲート電極930と、第1層間絶縁膜920と、ソース信号線931並びにドレイン配線932を有して形成される。本実施例において電流制御TFT8202はpチャネル型TFTで

ある。

【0263】

また、スイッピングTFT8201のドレイン領域914は電流制御TFT8202のゲート930に接続されている。図示してはいないが、具体的には電流制御TFT8202のゲート電極930はスイッピングTFT8201のドレイン領域914とドレイン配線（接続配線とも言える）922を介して電気的に接続されている。なお、ゲート電極930はシングルゲート構造となつて10いるが、マルチゲート構造であっても良い。また、電流制御TFT8202のソース信号線931は電源供給線（図示せず）に接続される。

【0264】

以上は画素内に設けられたTFTの構造について説明したが、このとき同時に駆動回路も形成される。図29には駆動回路を形成する基本単位となるCMOS回路が図示されている。

【0265】

図29においては極力動作速度を落とさないようにしつ20つホットキャリア注入を低減させる構造を有するTFTをCMOS回路のnチャネル型TFT8204として用いる。なお、ここでいう駆動回路としては、ソース信号側駆動回路、ゲート信号側駆動回路を指す。勿論、他の論理回路（レベルシフタ、A/Dコンバータ、信号分割回路等）を形成することも可能である。

【0266】

CMOS回路のnチャネル型TFT8204の活性層は、ソース領域935、ドレイン領域936、LDD領域937及びチャネル形成領域962を含み、LDD領域937はゲート絶縁膜918を介してゲート電極939と重なっている。

【0267】

ドレイン領域936側のみにLDD領域937を形成しているのは、動作速度を落とさないための配慮である。また、このnチャネル型TFT8204はオフ電流値をあまり気にする必要はなく、それよりも動作速度を重視した方が良い。従って、LDD領域937は完全にゲート電極に重ねてしまい、極力抵抗成分を少なくすることが望ましい。即ち、いわゆるオフセットはなくした方がよい。

【0268】

また、CMOS回路のpチャネル型TFT8205は、ホットキャリア注入による劣化が殆ど気にならないので、特にLDD領域を設けなくても良い。従って活性層はソース領域940、ドレイン領域941及びチャネル形成領域961を含み、その下にはゲート絶縁膜918とゲート電極943が設けられる。勿論、nチャネル型TFT8204と同様にLDD領域を設け、ホットキャリア対策を講じることも可能である。

【0269】

なお942、938、917a、917b、929はチャネル形成領域961～965を形成するためのマスクである。

【0270】

また、nチャネル型TFT8204及びpチャネル型TFT8205はそれぞれソース領域上に第1層間絶縁膜920を間に介して、ソース信号線944、945を有している。また、ドレイン配線946によってnチャネル型TFT8204とpチャネル型TFT8205とのドレイン領域は互いに電気的に接続される。

【0271】

本発明のレーザー照射方法は、半導体膜の成膜、活性層の結晶化、活性化またはその他レーザーアニールを用いる工程において使用することができる。

【0272】

図30に、本実施例の発光装置を作製する場合の生産フローを示す。まずCADを用いて半導体装置の設計を行う。具体的には、まずアイランドのマスクを設計し、次に、該アイランドを1つまたは複数含むようなサブアイランドのマスクを設計する。

【0273】

そして、設計されたサブアイランドのマスクの形状に関する情報(パターン情報)を、レーザー照射装置が有するコンピューターに入力する。コンピューターでは、入力されたサブアイランドのパターン情報に基づき、走査方向に対して垂直方向における、各サブアイランドの幅W_Sを算出する。そして、各サブアイランドの幅W_Sをもとに、走査方向に対して垂直方向におけるスリットの幅W_{BW}を設定する。次に、スリットの幅W_{BW}をもとに、マーカーの位置を基準として、レーザー光の走査経路を定める。

【0274】

一方、基板に形成されたマーカーに従って、ゲート電極を形成する。このときゲート電極とマーカーを同時に形成しても良い。そして、ゲート電極を覆うようにゲート絶縁膜を形成し、ゲート絶縁膜に接するように半導体膜を形成する。そして、サブアイランドのマスクを用いて該半導体膜をパターニングし、サブアイランドを形成する。そしてサブアイランドが形成された基板を、レーザー照射装置のステージに設置する。

【0275】

次に、マーカーを基準にして、定められた走査経路にしたがってレーザー光を照射し、サブアイランドをねらって結晶化する。

【0276】

そして、レーザー光を照射した後、レーザー光照射により結晶性が高められたサブアイランドをパターニングし、アイランドを形成する。以下の具体的な作製工程はTFTの形状によって異なるが、代表的にはアイランドに不純物領域を形成する。そして、アイランドを覆うよ

うに層間絶縁膜を形成し、該層間絶縁膜にコンタクトホールを形成し、不純物領域の一部を露出させる。そして該コンタクトホールを介して不純物領域に接するように層間絶縁膜上に配線を形成する。

【0277】

なお本実施例の構成は、実施例1～7と自由に組み合わせて実施することが可能である。

【0278】

(実施例9)

10 本実施例では、本発明のレーザー照射方法を用いて作製された発光装置の画素の構成について説明する。図31に本実施例の発光装置の画素の断面図を示す。

【0279】

1751はnチャネル型TFTであり、1752はpチャネル型TFTである。nチャネル型TFT1751は、半導体膜1753と、第1の絶縁膜1770と、第1の電極1754、1755と、第2の絶縁膜1771と、第2の電極1756、1757とを有している。そして、半導体膜1753は、第1濃度の一導電型不純物領域1758と、第2濃度の一導電型不純物領域1759と、チャネル形成領域1760、1761を有している。

【0280】

第1の電極1754、1755とチャネル形成領域1760、1761とは、それぞれ第1の絶縁膜1770を間に挟んで重なっている。また、第2の電極1756、1757と、チャネル形成領域1760、1761とは、それぞれ第2の絶縁膜1771を間に挟んで重なっている。

30 【0281】

pチャネル型TFT1752は、半導体膜1780と、第1の絶縁膜1770と、第1の電極1782と、第2の絶縁膜1771と、第2の電極1781とを有している。そして、半導体膜1780は、第3濃度の一導電型不純物領域1783と、チャネル形成領域1784を有している。

【0282】

第1の電極1782とチャネル形成領域1784とは、それぞれ第1の絶縁膜1770を間に挟んで重なっている。第2の電極1781とチャネル形成とは、それぞれ第2の絶縁膜1771を間に挟んで重なっている。

【0283】

そして、第1の電極1782と第2の電極1781とは、配線1790を介して電気的に接続されている。

【0284】

本発明のレーザー照射方法は、半導体膜1753、1780の成膜、結晶化、活性化またはその他レーザーアニールを用いる工程において使用することができる。

【0285】

50 本実施例では、スイッチング素子として用いるTFT

(本実施例の場合 n チャネル型 TFT 1751) は、第 1 の電極に一定の電圧を印加している。第 1 の電極に一定の電圧を印加することで、電極が 1 つの場合に比べて閾値のばらつきを抑えることができ、なおかつオフ電流を抑えることができる。

【0286】

また、スイッチング素子として用いる TFT (本実施例の場合 p チャネル型 TFT 1752) は、第 1 の電極と第 2 の電極とを電気的に接続している。第 1 の電極と第 2 の電極に同じ電圧を印加することで、実質的に半導体膜の膜厚を薄くしたのと同じように空乏層が早く広がるので、サブレッショルド係数を小さくすることができ、オン電流を大きくすることができます。よって、この構造の TFT を駆動回路に使用することにより、駆動電圧を低下させることができます。また、オン電流を大きくすることができるので、TFT のサイズ (特にチャネル幅) を小さくすることができます。そのため集積密度を向上させることができます。

【0287】

図 32 に、本実施例の発光装置を作製する場合の生産フローを示す。まず CAD を用いて半導体装置の設計を行う具体的には、まずアイランドのマスクを設計し、次に、該アイランドを 1 つまたは複数含むようなサブアイランドのマスクを設計する。そして、設計されたサブアイランドのパターン情報を、レーザー照射装置が有するコンピューターに入力する。

【0288】

コンピューターでは、入力されたサブアイランドのパターン情報に基づき、走査方向に対して垂直方向における、各サブアイランドの幅 W_S を算出する。そして、各サブアイランドの幅 W_S をもとに、走査方向に対して垂直方向におけるスリットの幅 W_{BW} を設定する。次に、スリットの幅 W_{BW} をもとに、マーカーの位置を基準として、レーザー光の走査経路を定める。

【0289】

一方、基板に形成されたマーカーに従って、第 1 の電極を形成する。このとき第 1 の電極とマーカーを同時に形成しても良い。そして、第 1 の電極を覆うように第 1 の絶縁膜を形成し、第 1 の絶縁膜に接するように半導体膜を形成する。そして、サブアイランドのマスクを用いて該半導体膜をパターニングし、サブアイランドを形成する。そしてサブアイランドが形成された基板を、レーザー照射装置のステージに設置する。

【0290】

次に、マーカーを基準にして、定められた走査経路にしたがってレーザー光を照射し、サブアイランドをねらって結晶化する。

【0291】

そして、レーザー光を照射した後、レーザー光照射により結晶性が高められたサブアイランドをパターニング

し、アイランドを形成する。以下の具体的な作製工程は TFT の形状によって異なるが、代表的にはアイランドに不純物領域を形成する。そして、レーザー光を照射した後、アイランドを覆うように第 2 の絶縁膜と第 2 の電極とを順に形成し、アイランドに不純物領域を形成する。そして、第 2 の絶縁膜及び第 2 の電極を覆うように層間絶縁膜を形成し、該層間絶縁膜にコンタクトホールを形成し、不純物領域の一部を露出させる。そして該コンタクトホールを介して不純物領域に接するように層間絶縁膜上に配線を形成する。

【0292】

なお、本実施例は実施例 1 ~ 実施例 8 のいずれか一と組み合わせて実施することが可能である。

【0293】

(実施例 10)

本実施例では、本発明のレーザー照射方法を用いて駆動回路 (信号線駆動回路または走査線駆動回路) を作製し、非晶質半導体膜で形成された画素部に TAB または COG 等を用いて実装されている例について説明する。

【0294】

図 40 (A) に、駆動回路を TAB に実装し、該 TAB を用いて画素部と、外付のコントローラ等が形成されたプリント基板とを接続している例を示す。ガラス基板 5000 に画素部 5001 が形成されており、TAB 5005 を介して本発明のレーザー照射方法で作製された駆動回路 5002 と接続されている。また駆動回路 5002 は TAB 5005 を介して、プリント基板 5003 と接続されている。またプリント基板 5003 には外部のインターフェースと接続するための端子 5004 が設けられている。

【0295】

図 40 (B) に、駆動回路と画素部を COG で実装している例を示す。ガラス基板 5100 に画素部 5101 が形成されており、ガラス基板上に本発明のレーザー照射方法で作製された駆動回路 5102 が実装されている。また基板 5100 には外部のインターフェースと接続するための端子 5104 が設けられている。

【0296】

このように、本発明のレーザー照射方法で作製した TFT はチャネル形成領域の結晶性がより高められるため、高速動作が可能であり、画素部に比べて高速動作が要求される駆動回路を構成するのにより適している。また、画素部と駆動回路を別個に作製することで、歩留まりを高めることができる。

【0297】

なお、本実施例は実施例 1 ~ 実施例 9 のいずれか一と組み合わせて実施することが可能である。

【0298】

(実施例 11)

本実施例では、本発明のレーザー照射方法を用いた TFT

Tの作製方法について説明する。

【0299】

まず、図34(A)に示すように、絶縁表面上に非晶質半導体膜を成膜し、該非晶質半導体膜をエッチングすることで、島状の半導体膜6001、6002を形成する。図34(G)は、図34(A)の上面図であり、A-A'における断面図が図34(A)に相当する。次に図34(B)に示すように、島状の半導体膜6001、6002を覆うように非晶質半導体膜6003を成膜する。図34(H)は、図34(B)の上面図であり、A-A'における断面図が図34(B)に相当する。

【0300】

次に、図34(C)に示すように、非晶質半導体膜6003をパターニングすることで、島状の半導体膜6001、6002を覆ったサブアイランド6004が形成される。図34(I)は、図34(C)の上面図であり、A-A'における断面図が図34(C)に相当する。次に、図34(D)に示すように、島状の半導体膜6001、6002と、サブアイランド6004に、選択的にレーザー光を照射して、結晶性が高められた島状の半導体膜6005、6006と、サブアイランド6007とを形成する。このとき、結晶性が高められた島状の半導体膜6005、6006と、サブアイランド6007とは、レーザー光の照射条件によっては、その境界がある程度不鮮明になる場合もある。一応ここでは区別して示すが、1つのサブアイランドとして見なしても良い。図34(J)は、図34(D)の上面図であり、A-A'における断面図が図34(D)に相当する。

【0301】

次に、図34(E)に示すように、結晶性が高められたサブアイランド6007をパターニングし、アイランド6008を形成する。図34(K)は、図34(E)の上面図であり、A-A'における断面図が図34(E)に相当する。そして、図34(F)に示すように、アイランド6008を用いて、TFTを形成する。以下の具体的な作製工程はTFTの形状によって異なるが、代表的にはアイランド6008に接するようにゲート絶縁膜6009を形成する工程と、ゲート絶縁膜上にゲート電極6010を形成する工程と、アイランド6008に不純物領域6011、6012とチャネル形成領域6013を形成する工程と、ゲート絶縁膜6009、ゲート電極6010及びアイランド6008を覆って層間絶縁膜6014を形成する工程と、不純物領域6011、6012に接続した配線6015、6016を層間絶縁膜6014上に形成する工程とが行われる。図34(L)は、図34(F)の上面図であり、A-A'における断面図が図34(F)に相当する。

【0302】

なお、不純物領域6011、6012は、島状の半導体膜6005、6006と、アイランド6008の一部と

で形成されている。よって、不純物領域6011、6012の厚さが、チャネル形成領域6013よりも厚くなっている、不純物領域の抵抗を下げることができる。

【0303】

なお、図34では、レーザー光のみでサブアイランドを結晶化しているが、触媒を用いて半導体膜を結晶化させる工程を含んでいても良い。

【0304】

図35に、触媒元素とレーザー光を共に用いて、アイランドを作る作製方法について説明する。触媒元素を用いる場合、特開平7-130652号公報、特開平8-78329号公報で開示された技術を用いることが望ましい。

【0305】

まず、図35(A)に示すように、絶縁表面上に非晶質半導体膜を成膜し、該非晶質半導体膜をエッチングすることで、島状の半導体膜6101、6102を形成する。次に図35(B)に示すように、島状の半導体膜6101、6102を覆うように非晶質半導体膜6103を成膜する。次に、図35(C)に示すように、非晶質半導体膜6103上に重量換算で10ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液を非晶質半導体膜に塗布してニッケル含有層を形成し、500°C、1時間の脱水素工程の後、500~650°Cで4~12時間、例えば550°C、8時間の熱処理を行い結晶化することで、結晶性が高められた島状の半導体膜6104、6105と、半導体膜6106が形成される。尚、使用可能な触媒元素は、ニッケル(Ni)以外にも、ゲルマニウム(Ge)、鉄(Fe)、パラジウム(Pd)、スズ(Sn)、鉛(Pb)、コバルト(Co)、白金(Pt)、銅(Cu)、金(Au)、といった元素を用いても良い。

【0306】

半導体膜6106、島状の半導体膜6104、6105は触媒元素を含んでおり、その触媒元素を結晶質半導体膜から除去する工程(ゲッタリング)を行う。ゲッタリングは特開平10-135468号公報または特開平10-135469号公報等に記載された技術を用いることができる。そして図35(D)に示すように、結晶性の高められた半導体膜6106の一部6107、6108にリンを添加し、窒素雰囲気中で550~800°C、5~24時間、例えば600°C、12時間の熱処理を行う。するとこのリンが添加された領域6107、6108がゲッタリングサイトとして働き、半導体膜6106、島状の半導体膜6104、6105中に存在するニッケルをリンが添加された領域に偏析させることができる。その後、多結晶半導体膜のリンが添加された領域をパターニングにより除去することで、触媒元素の濃度を $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下好ましくは $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 程度にまで低減されたア

アイランドを得ることができる。

【0307】

次に、図35（E）に示すように、ゲッタリングされた島状の半導体膜をパターニングし、サブアイランド6109を形成する。そして、図35（F）に示すように、選択的なレーザー光照射により、サブアイランド6109の結晶性をさらに高める。次に結晶性が高められたサブアイランド6109をパターニングすることで、アイランド6110が形成される。

【0308】

次に、図36を用いて、触媒元素とレーザー光を共に用いて、アイランドを作る別の作製方法について説明する。

【0309】

まず、図36（A）に示すように、絶縁表面上に非晶質半導体膜を成膜し、該非晶質半導体膜をエッチングすることで、島状の半導体膜6201、6202を形成する。次に図36（B）に示すように、島状の半導体膜6201、6202を覆うように非晶質半導体膜6203を成膜する。次に、図36（C）に示すように、非晶質半導体膜6203をパターニングしてサブアイランドを形成し、サブアイランド上に重量換算で10 ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液を塗布してニッケル含有層を形成し、レーザー光を照射して加熱することで、結晶性が高められた島状の半導体膜6204、6205と、サブアイランド6206が形成される。尚、使用可能な触媒元素は、ニッケル（Ni）の以外にも、グルマニウム（Ge）、鉄（Fe）、パラジウム（Pd）、スズ（Sn）、鉛（Pb）、コバルト（Co）、白金（Pt）、銅（Cu）、金（Au）、といった元素を用いても良い。

【0310】

サブアイランド6206、島状の半導体膜6204、6205は触媒元素を含んでおり、その触媒元素を結晶質半導体膜から除去する工程（ゲッタリング）を行う。

【0311】

次いで、図36（D）に示すように、サブアイランド6206上に珪素を主成分とするバリア層6207を形成する。なお、このバリア層6207は極薄いものでよく、自然酸化膜であってもよいし、酸素を含む雰囲気下において紫外線の照射によりオゾンを発生させて酸化させる酸化膜であってもよい。また、このバリア層6207として、炭素、即ち有機物の除去のために行われるヒドロ洗浄と呼ばれる表面処理に使用するオゾンを含む溶液で酸化させた酸化膜であってもよい。このバリア層6207は、主にエッチングストッパーとして用いるものである。また、このバリア層6207を形成した後、チャネルドープを行い、その後、強光を照射して活性化させててもよい。

【0312】

次いで、バリア層6207上に第2の半導体膜6208を形成する。この第2の半導体膜6208は非晶質構造を有する半導体膜であってもよいし、結晶構造を有する半導体膜であってもよい。この第2の半導体膜6208の膜厚は、5～50 nm、好ましくは10～20 nmとする。第2の半導体膜6208には、酸素（SIMS分析での濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上、好ましくは $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以上）を含有させてゲッタリング効率を向上させることが望ましい。

【0313】

次いで、第2の半導体膜6208上に希ガス元素を含む第3の半導体膜（ゲッタリングサイト）6209を形成する。この第3の半導体膜6209はプラズマCVD法、減圧熱CVD法、またはスパッタ法を用いた非晶質構造を有する半導体膜であってもよいし、結晶構造を有する半導体膜であってもよい。第3の半導体膜は、成膜段階で希ガス元素を含む半導体膜であってもよいし、希ガス元素を含んでいない半導体膜の成膜後に希ガス元素を添加してもよい。本実施例では成膜段階で希ガス元素を含む第3の半導体膜6209を形成した後、さらに希ガス元素を選択的に添加して第3の半導体膜6209を形成した例を示した。（図36（E））また、第2の半導体膜と第3の半導体膜とを大気に触れることなく連続的に成膜してもよい。また、第2の半導体膜の膜厚と第3の半導体膜の膜厚との和は30～200 nm、例えば50 nmとすればよい。

【0314】

本実施例は、第2の半導体膜6208によって、サブアイランド6206及び島状の半導体膜6204、6205と第3の半導体膜（ゲッタリングサイト）6209との間隔を空けている。ゲッタリングの際、サブアイランド6206及び島状の半導体膜6204、6205中に存在する金属等の不純物元素は、ゲッタリングサイトの境界付近に集まりやすい傾向があるため、本実施例のように第2の半導体膜6208によって、ゲッタリングサイトの境界をサブアイランド6206及び島状の半導体膜6204、6205から遠ざけてゲッタリング効率を向上させることができるように希ガス元素を添加する場合、サブアイランド6206にダメージを与えないように保護する効果も有している。

【0315】

次いで、ゲッタリングを行う。ゲッタリングを行う工程としては、窒素雰囲気中で450～800°C、1～24時間、例えば500°Cにて14時間の熱処理を行えばよい。また、熱処理に代えて強光を照射してもよい。また、熱処理に加えて強光を照射してもよい。また、加熱

したガスを噴射して基板を加熱するようにしても良い。この場合、600°C～800°C、より望ましくは650°C～750°Cで1～60分加熱を行えば良く。時間を短縮化することができる。このゲッタリングにより、図3-6(F)中の矢印の方向に不純物元素が移動し、バリア層6207で覆われたサブアイランド6206及び島状の半導体膜6204、6205に含まれる不純物元素の除去、または不純物元素の濃度の低減が行われる。ここでは、不純物元素がサブアイランド6206及び島状の半導体膜6204、6205に偏析しないよう全て第3の半導体膜6209に移動させ、サブアイランド6206及び島状の半導体膜6204、6205に含まれる不純物元素がほとんど存在しない、即ち膜中の不純物元素濃度が $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以下、望ましくは $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下になるように十分ゲッタリングする。

【0316】

次いで、バリア層6207をエッチングストッパーとして、6208、6209で示した半導体膜のみを選択的に除去した後、サブアイランド6206を公知のパターンニング技術を用いて所望の形状のアイランド6210を形成する。(図3-6(G))

【0317】

なお、本実施例は実施例1～実施例10のいずれか一と組み合わせて実施することが可能である。

【0318】

(実施例12)

本実施例では、本発明のレーザー照射方法を用いて形成されるTFTの構造について説明する。

【0319】

図3-7(A)に示すTFTは、チャネル形成領域7001と、チャネル形成領域7001を挟んでいる第1の不純物領域7002と、第1の不純物領域7002とチャネル形成領域7001との間に形成された第2の不純物領域7003とを含む活性層を有している。そして該活性層に接しているゲート絶縁膜7004と、該ゲート絶縁膜上に形成されたゲート電極7005とを有している。該ゲート電極の側面に接するように、サイドウォール7006が形成されている。

【0320】

サイドウォール7006はゲート絶縁膜7004を間に介して第2の不純物領域7003と重なっており、導電性を有していても絶縁性を有していても良い。サイドウォール7006が導電性を有する場合、サイドウォール7006を含めてゲート電極としても良い。

【0321】

図3-7(B)に示すTFTは、チャネル形成領域7101と、チャネル形成領域7101を挟んでいる第1の不純物領域7102と、第1の不純物領域7102とチャネル形成領域7101との間に形成された第2の不純物領域7103とを含む活性層を有している。そして該活

性層に接しているゲート絶縁膜7104と、該ゲート絶縁膜上に積層された2層の導電膜7105、7106からなるゲート電極とを有している。該導電膜7105の上面及び導電膜7106の側面に接するように、サイドウォール7107が形成されている。

【0322】

サイドウォール7107は導電性を有していても絶縁性を有していても良い。サイドウォール7107が導電性を有する場合、サイドウォール7107を含めてゲート電極としても良い。

【0323】

図3-7(C)に示すTFTは、チャネル形成領域7201と、チャネル形成領域7201を挟んでいる第1の不純物領域7202と、第1の不純物領域7202とチャネル形成領域7201との間に形成された第2の不純物領域7203とを含む活性層を有している。そして該活性層に接しているゲート絶縁膜7204と、該ゲート絶縁膜上に導電膜7205と、該導電膜7205の上面と側面を覆っている導電膜7206と、該導電膜7206の側面に接するサイドウォール7207が形成されている。導電膜7205と、導電膜7206とはゲート電極として機能している。

【0324】

サイドウォール7207は導電性を有していても絶縁性を有していても良い。サイドウォール7207が導電性を有する場合、サイドウォール7207を含めてゲート電極としても良い。

【0325】

なお、本実施例は実施例1～実施例11のいずれか一と組み合わせて実施することが可能である。

【0326】

(実施例13)

図4-1を用いて、本発明の発光装置の画素の構成について説明する。

【0327】

図4-1において、基板6000に、下地膜6001が形成されており、該下地膜6001上にトランジスタ6002が形成されている。トランジスタ6002は活性層6003と、ゲート電極6005と、活性層6003とゲート電極6005の間に挟まれたゲート絶縁膜6004と、を有している。

【0328】

活性層6003は多結晶半導体膜を用いるのが好ましく、該多結晶半導体膜は、本発明のレーザー照射装置を用いて形成することができる。

【0329】

なお、活性層は珪素だけではなくシリコンゲルマニウムを用いるようにしても良い。シリコンゲルマニウムを用いる場合、ゲルマニウムの濃度は0、0.1～4.5 at %程度であることが好ましい。また窒化炭素が

添加された珪素を用いていても良い。

【0330】

またゲート絶縁膜6004は、酸化珪素、窒化珪素または酸化窒化珪素を用いることができる。またそれらを積層した膜、例えばSiO₂上にSiNを積層した膜を、ゲート絶縁膜として用いてても良い。またSiO₂は、プラズマCVD法でTEOS (Tetraethyl Orthosilicate)とO₂とを混合し、反応圧力40Pa、基板温度300~400°Cとし、高周波(13, 56MHz)、電力密度0.5~0.8W/cm²で放電させて、酸化シリコン膜を形成した。このようにして作製される酸化シリコン膜は、その後400~500°Cの熱アニールによりゲート絶縁膜として良好な特性を得ることができる。また窒化アルミニウムをゲート絶縁膜として用いることができる。窒化アルミニウムは熱伝導率が比較的高く、TFTで発生した熱を効果的に拡散させることができる。またアルミニウムの含まれない酸化珪素や酸化窒化珪素等を形成した後、窒化アルミニウムを積層したものをゲート絶縁膜として用いても良い。また、SiをターゲットとしたRFスパッタ法を用いて形成されたSiO₂をゲート絶縁膜として用いても良い。

【0331】

またゲート電極6005として、Ta、W、Ti、Mo、Al、Cuから選ばれた元素、または前記元素を中心とする合金材料もしくは化合物材料で形成する。また、リン等の不純物元素をドーピングした多結晶シリコン膜に代表される半導体膜を用いてもよい。また単層の導電膜ではなく、複数の層からなる導電膜を積層したものであっても良い。

【0332】

例えば、第1の導電膜を窒化タンタル(TaN)で形成し、第2の導電膜をWとする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル(TaN)で形成し、第2の導電膜をTiとする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル(TaN)で形成し、第2の導電膜をAlとする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル(TaN)で形成し、第2の導電膜をCuとする組み合わせで形成することが好ましい。また、第1の導電膜及び第2の導電膜としてリン等の不純物元素をドーピングした多結晶シリコン膜に代表される半導体膜や、AgPdCu合金を用いてもよい。

【0333】

また、2層構造に限定されず、例えば、タングステン膜、アルミニウムとシリコンの合金(A1-Si)膜、窒化チタン膜を順次積層した3層構造としてもよい。また、3層構造とする場合、タングステンに代えて窒化タングステンを用いててもよいし、アルミニウムとシリコンの合金(A1-Si)膜に代えてアルミニウムとチタンの合金膜(A1-Ti)を用いててもよいし、窒化チタン

膜に代えてチタン膜を用いててもよい。

【0334】

なお、導電膜の材料によって、適宜最適なエッチングの方法や、エッチャントの種類を選択することが重要である。

【0335】

またトランジスタ6002は、第1の層間絶縁膜6006で覆われており、第1の層間絶縁膜6006上には第2の層間絶縁膜6007と、第3の層間絶縁膜6008

10 とが積層されている。

【0336】

第1の層間絶縁膜6006は、プラズマCVD法またはスパッタ法を用い、酸化珪素、窒化珪素または酸化窒化珪素膜を単層または積層して用いることができる。また酸素よりも窒素のモル比率が高い酸化窒化珪素膜上に、窒素よりも酸素のモル比率が高い酸化窒化珪素膜を積層した膜を第1の層間絶縁膜6006として用いても良い。

【0337】

20 なお、第1の層間絶縁膜6006を成膜した後、加熱処理(300~500°Cで1~12時間の熱処理)を行うと、第1の層間絶縁膜6006に含まれる水素により、活性層6003に含まれる半導体のダングリングボンドを終端する(水素化)ことができる。

【0338】

また第2の層間絶縁膜6007は、非感光性のアクリルを用いることができる。

【0339】

30 第3の層間絶縁膜6008は、水分や酸素などの発光素子の劣化を促進させる原因となる物質を、他の絶縁膜と比較して透過させにくい膜を用いる。代表的には、例えばDLC膜、窒化炭素膜、RFスパッタ法で形成された窒化珪素膜等を用いるのが望ましい。

【0340】

また図4において6010は陽極、6011は電界発光層、6012は陰極であり、陽極6010と電界発光層6011と陰極6012が重なっている部分が発光素子6013に相当する。トランジスタ6002は、発光素子6013に供給する電流を制御する駆動用トランジスタであり、発光素子6013と直接、または他の回路素子を介して直列に接続されている。

【0341】

電界発光層6011は、発光層単独かもしくは発光層を含む複数の層が積層された構成を有している。

【0342】

陽極6010は第3の層間絶縁膜6008上に形成されている。また第3の層間絶縁膜6008上には隔壁として用いる有機樹脂膜6014が形成されている。有機樹脂膜6014は開口部6015を有しており、該開口部50 において陽極6010と電界発光層6011と陰極60

12が重なり合うことで発光素子6013が形成されている。

【0343】

そして有機樹脂膜6014及び陰極6012上に、保護膜6016が成膜されている。保護膜6016は第3の層間絶縁膜6008と同様に、水分や酸素などの発光素子の劣化を促進させる原因となる物質を、他の絶縁膜と比較して透過させにくい膜を用いる。代表的には、例えばDLC膜、窒化炭素膜、RFスパッタ法で形成された窒化珪素膜等を用いるのが望ましい。また上述した水分や酸素などの物質を透過させにくい膜と、該膜に比べて水分や酸素などの物質を透過させやすい膜とを積層させて、保護膜として用いることも可能である。

【0344】

また有機樹脂膜6014は、電界発光層6011が成膜される前に、吸着した水分や酸素等を除去するために真空雰囲気下で加熱しておく。具体的には、100°C~200°C、0.5~1時間程度、真空雰囲気下で加熱処理を行なう。望ましくは 3×10^{-7} Torr以下とし、可能であるならば 3×10^{-8} Torr以下とするのが最も望ましい。そして、有機樹脂膜に真空雰囲気下で加熱処理を施した後に電界発光層を成膜する場合、成膜直前まで真空雰囲気下に保つことで、信頼性をより高めることができる。

【0345】

また有機樹脂膜6014の開口部6015における端部は、有機樹脂膜6014上に一部重なって形成されている電界発光層6011に、該端部において穴があかないように、丸みを帯びさせることが望ましい。具体的には、開口部における有機樹脂膜の断面が描いている曲線の曲率半径が、0.2~2 μm程度であることが望ましい。

【0346】

上記構成により、後に形成される電界発光層や陰極のカバレッジを良好とすることができます、陽極6010と陰極6012が電界発光層6011に形成された穴においてショートするのを防ぐことができる。また電界発光層6011の応力を緩和させることで、発光領域が減少するシーリングとよばれる不良を低減させることができ、信頼性を高めることができる。

【0347】

なお図41では、有機樹脂膜6014として、ポジ型の感光性のアクリル樹脂を用いた例を示している。感光性の有機樹脂には、光、電子、イオンなどのエネルギー線が露光された箇所が除去されるポジ型と、露光された箇所が残るネガ型がある。本発明ではネガ型の有機樹脂膜を用いても良い。また感光性のポリイミドを用いて有機樹脂膜6014を形成しても良い。

【0348】

ネガ型のアクリルを用いて有機樹脂膜6014を形成し

た場合、開口部6015における端部が、S字状の断面形状となる。このとき開口部の上端部及び下端部における曲率半径は、0.2~2 μmとすることが望ましい。

【0349】

陽極6010は透明導電膜を用いることができる。ITOの他、酸化インジウムに2~20%の酸化亜鉛(ZnO)を混合した透明導電膜を用いても良い。図41では陽極6010とITOを用いている。陽極6010は、その表面が平坦化されるように、CMP法、ポリビニルアルコール系の多孔質体で拭净(ベルクリン洗浄)で研磨しても良い。またCMP法を用いた研磨後に、陽極6010の表面に紫外線照射、酸素プラズマ処理などを行ってもよい。

【0350】

また陰極6012は、仕事関数の小さい導電膜であれば公知の他の材料を用いることができる。例えば、Ca、Al、CaF、MgAg、AlLi等が望ましい。

【0351】

なお図41では、発光素子から発せられる光が基板6000側に照射される構成を示しているが、光が基板とは反対側に向かうような構造の発光素子としても良い。

【0352】

また図41ではトランジスタ6002と発光素子の陽極6010が接続されているが、本発明はこの構成に限定されず、トランジスタ6002と発光素子の陰極6001が接続されていても良い。この場合、陰極は第3の層間絶縁膜6008上に形成される。そしてTiN等を用いて形成される。

【0353】

なお、実際には図41まで完成したら、さらに外気に曝されないように気密性が高く、脱ガスの少ない保護フィルム(ラミネートフィルム、紫外線硬化樹脂フィルム等)や透光性のカバー材でパッケージング(封入)することが好ましい。その際、カバー材の内部を不活性雰囲気にしたり、内部に吸湿性材料(例えば酸化バリウム)を配置したりするとOLEDの信頼性が向上する。

【0354】

なお、本発明は上述した作製方法に限定されず、公知の方法を用いて作製することが可能である。また本実施例40は、実施例1~実施例13と自由に組み合わせることが可能である。

【0355】

【発明の効果】

本発明では、半導体膜全体にレーザー光を走査して照射するのではなく、少なくとも必要不可欠な部分を最低限結晶化できるようにレーザー光を走査する。上記構成により、半導体膜を結晶化させた後パターニングにより除去される部分にレーザー光を照射する時間を省くことができ、基板1枚あたりにかかる処理時間を大幅に短縮することができる。

【0356】

また、複数のレーザー光を重ね合わせてエネルギー密度の低い部分を互いに補い合うようにすることで、複数のレーザー光を重ね合わせないで単独で用いるよりも、半導体膜の結晶性を効率良く高めることができる

【0357】

なお、本発明では複数のレーザー発振装置から発振されたレーザー光を合成して用いる場合について説明したが、本発明は必ずしもこの構成に限定されない。レーザー発振装置の出力エネルギーが比較的高く、ビームスポットの面積を小さくしなくとも所望の値のエネルギー密度を得ることができるのであれば、レーザー発振装置を1つだけ用いることも可能である。なおこの場合においても、スリットを用いることで、レーザー光のエネルギー密度の低い部分を遮蔽することができ、またパターン情報を従ってビームスポットの幅を制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のレーザー照射方法を示す図。

【図2】レーザービームの形状及びエネルギー密度の分布を示す図。

【図3】レーザービームのエネルギー密度の分布を示す図。

【図4】レーザービームの形状及びエネルギー密度の分布を示す図。

【図5】レーザービームの形状及びサブアイランドとの位置関係を示す図。

【図6】レーザー光の照射部分とマスクとの位置関係を示す図。

【図7】レーザー光の照射部分とマスクとの位置関係を示す図。

【図8】被処理物においてレーザー光の移動する方向とマスクとの位置関係を示す図。

【図9】レーザー光の照射部分とマスクとの位置関係を示す図。

【図10】レーザー照射装置の図。

【図11】レーザー照射装置の図。

【図12】本発明の生産フローを示す図。

【図13】本発明の生産フローを示す図。

【図14】本発明の生産フローを示す図。

【図15】従来の生産フローを示す図。

【図16】スリットとビームスポットとの位置関係を示す図。

【図17】レーザー照射装置の光学系の図。

【図18】レーザー光の照射部分とマスクとの位置関係を示す図。

【図19】被処理物においてレーザー光の移動する方向を示す図。

【図20】被処理物においてレーザー光の移動する方向を示す図。

【図21】重ね合わせたビームスポットの中心軸方向におけるエネルギー密度の分布を示す図。

【図22】ビームスポットの重ね合わせ方を示す図。

10 【図23】本発明のレーザー照射方法を用いた半導体装置の作製方法を示す図。

【図24】本発明のレーザー照射方法を用いた半導体装置の作製方法を示す図。

【図25】本発明のレーザー照射方法を用いた半導体装置の作製方法を示す図。

【図26】本発明のレーザー照射方法を用いた半導体装置の作製方法を示す図。

【図27】本発明のレーザー照射方法を用いて作製された液晶表示装置の図。

20 【図28】本発明のレーザー照射方法を用いた発光装置の作製方法を示す図。

【図29】本発明のレーザー照射方法を用いた発光装置の断面図。

【図30】本発明の生産フローを示す図。

【図31】本発明のレーザー照射方法を用いた発光装置の作製方法を示す図。

【図32】本発明の生産フローを示す図。

【図33】本発明のレーザー照射方法を用いた発光装置の断面図。

30 【図34】本発明のレーザー照射方法を用いた半導体装置の作製方法を示す図。

【図35】本発明のレーザー照射方法を用いた半導体装置の作製方法を示す図。

【図36】本発明のレーザー照射方法を用いた半導体装置の作製方法を示す図。

【図37】本発明のレーザー照射方法を用いた半導体装置の作製方法を示す図。

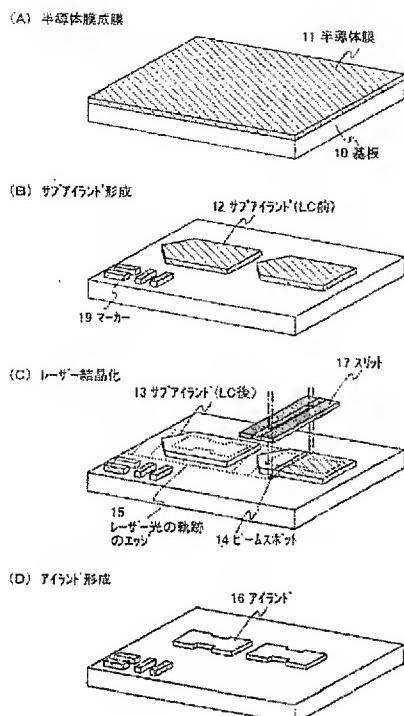
【図38】ビームスポットの中心間の距離とエネルギー差の関係を示す図。

40 【図39】ビームスポットの中心軸方向における出力エネルギーの分布を示す図。

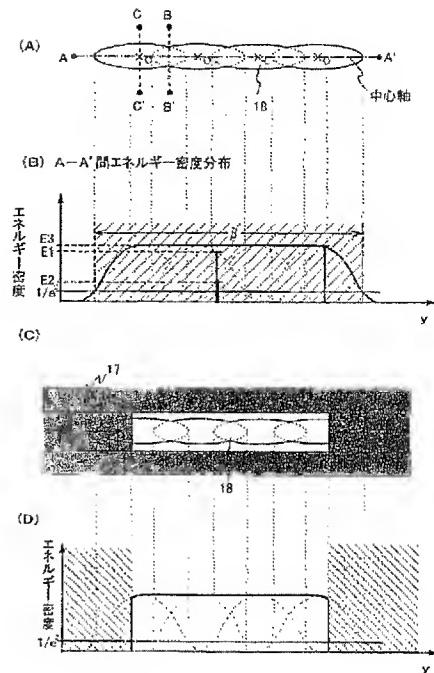
【図40】駆動回路をパネルに実装している図。

【図41】本発明のレーザー装置を用いて作製された発光装置の断面図。

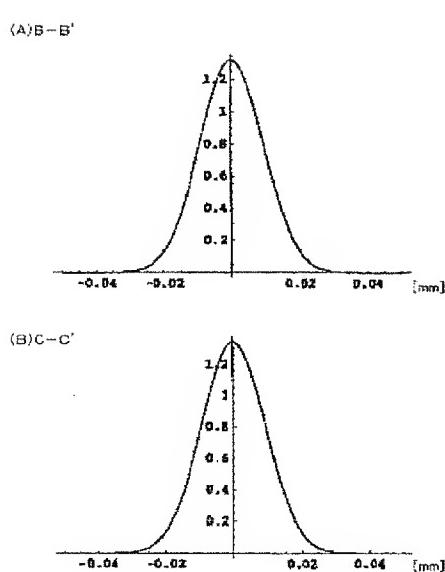
【図1】



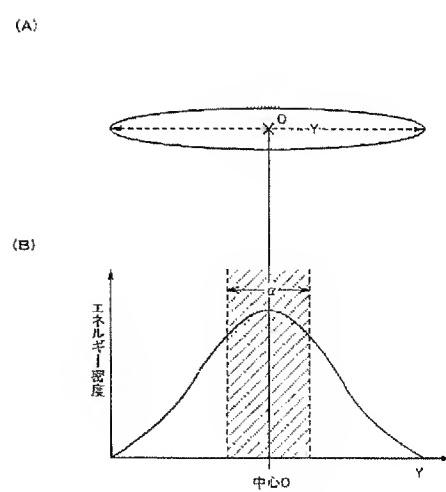
【図2】



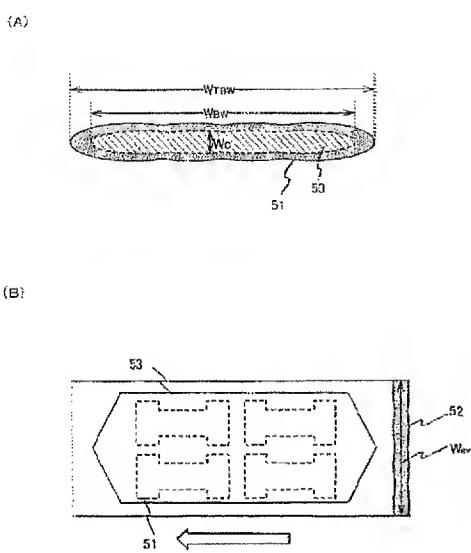
【図3】



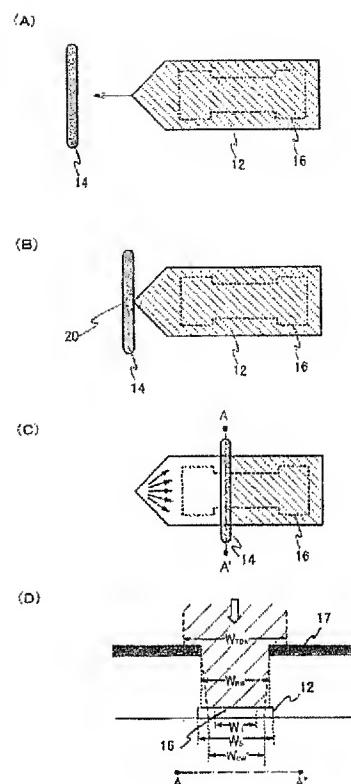
【図4】



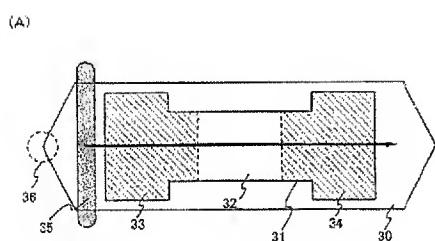
【図5】



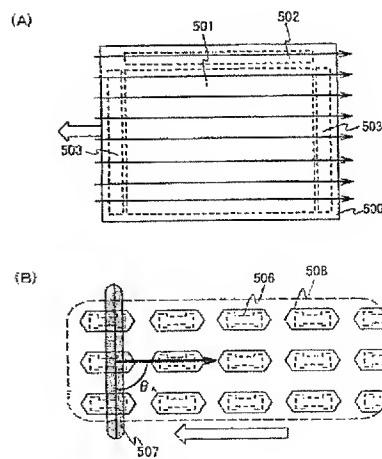
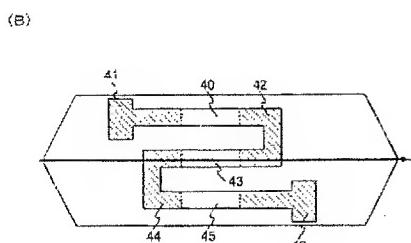
【図6】



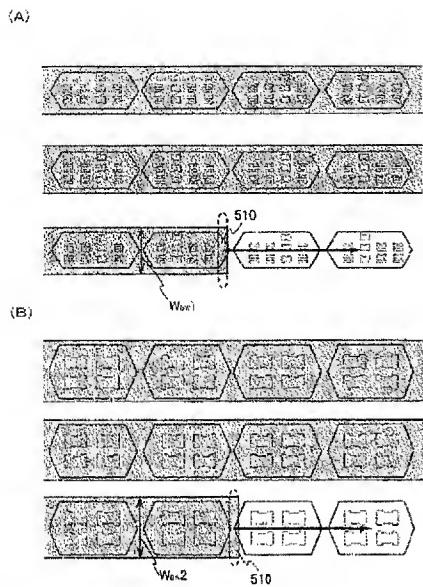
【図7】



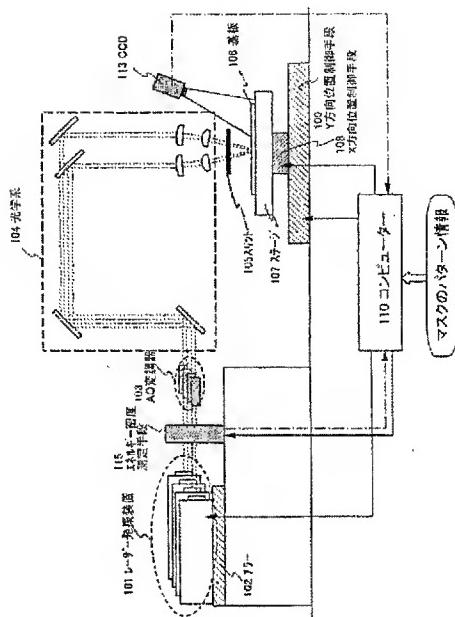
【図8】



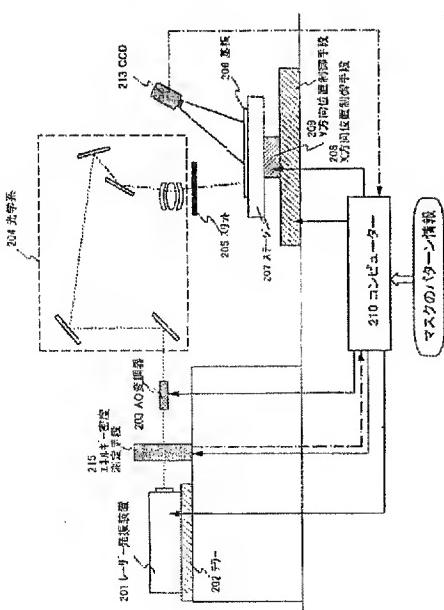
【図9】



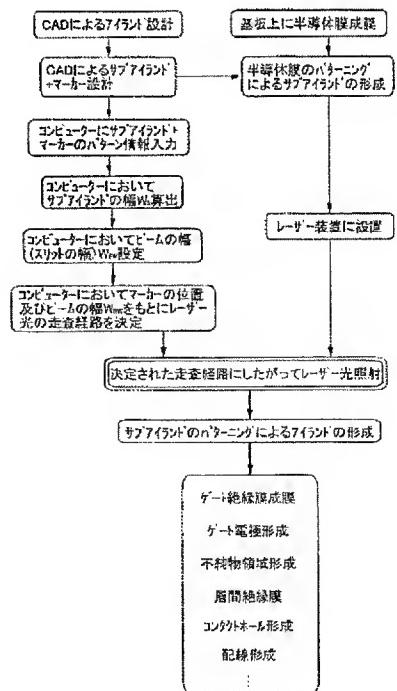
【図10】



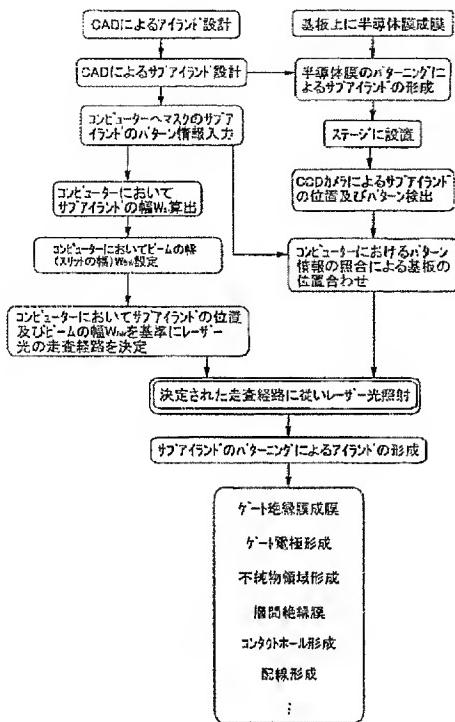
【図11】



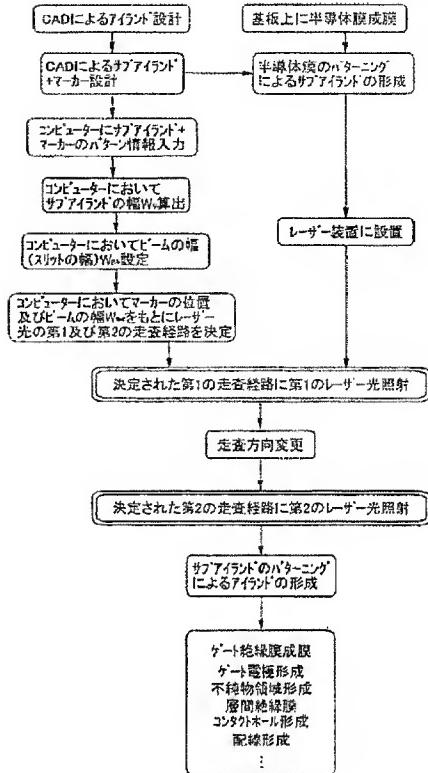
【図12】



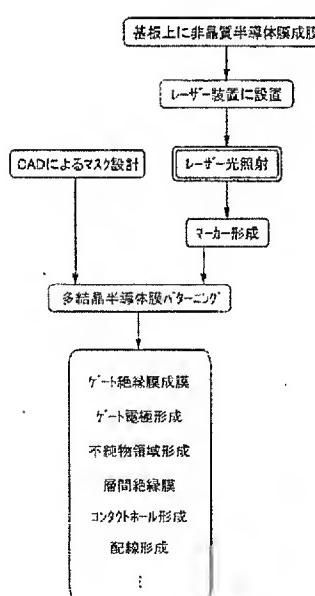
【図13】



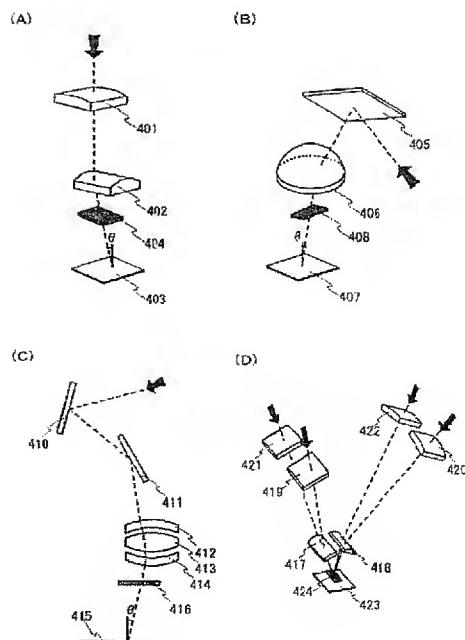
【図14】



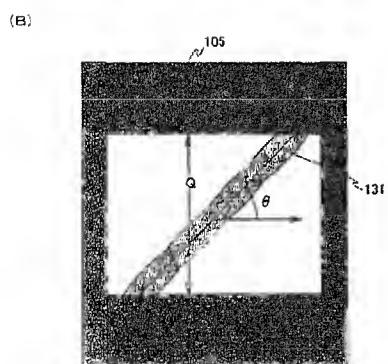
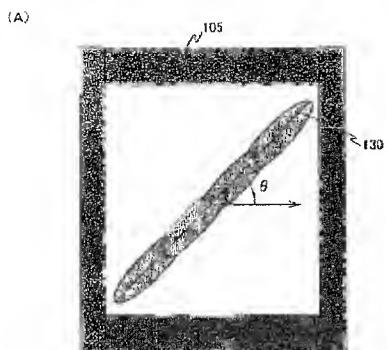
【図15】



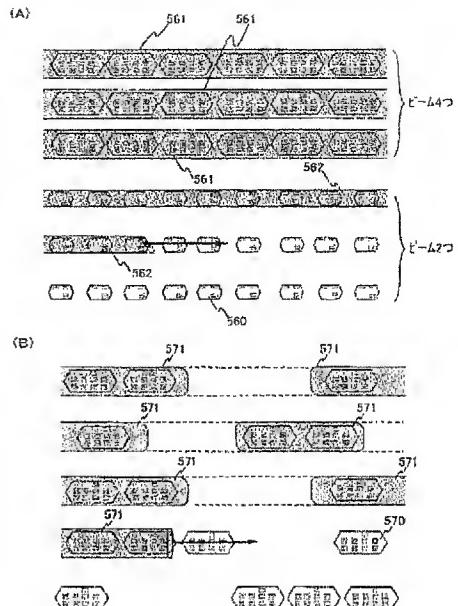
【図17】



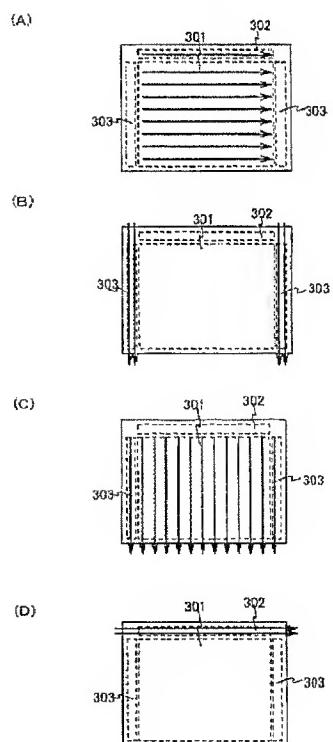
【図16】



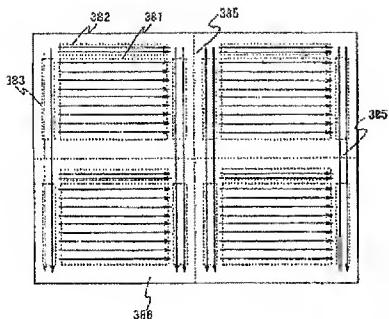
【図18】



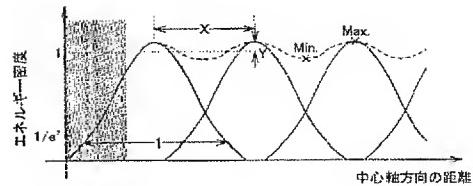
【図19】



【図20】

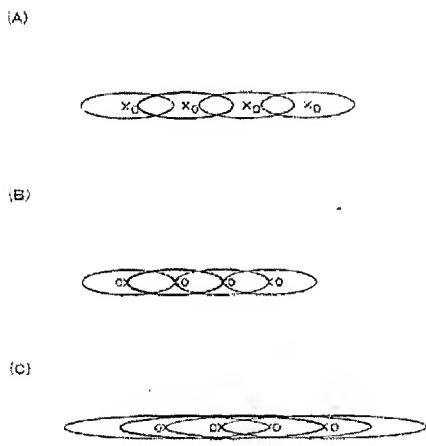


【図21】

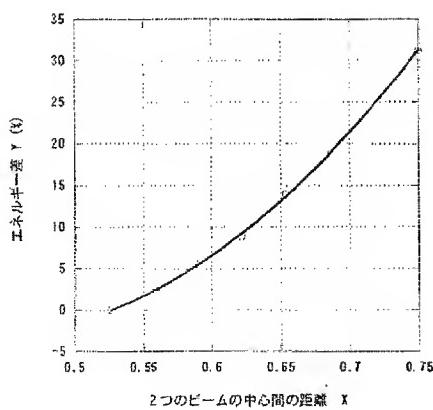


【図23】

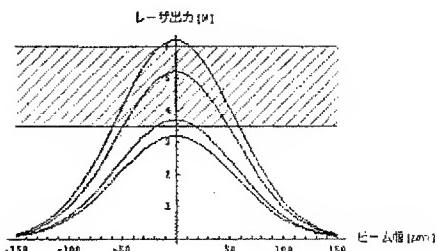
【図22】



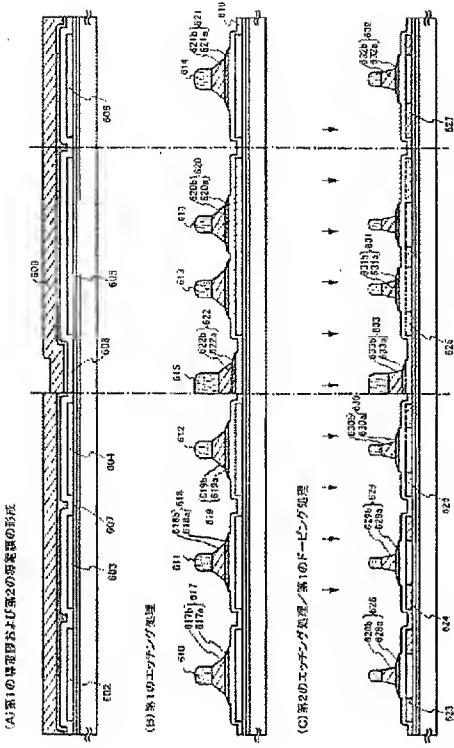
【図38】



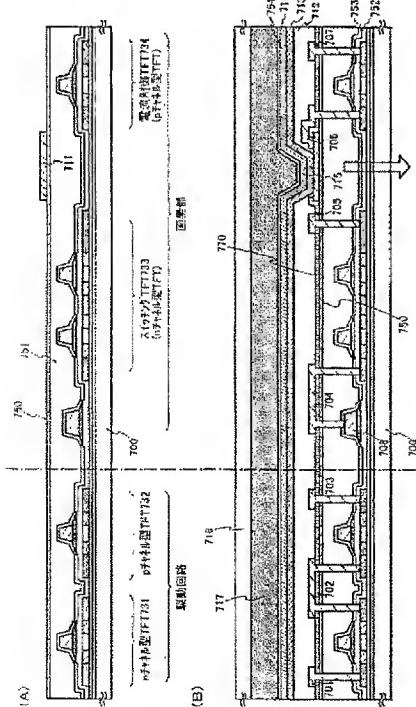
【図39】



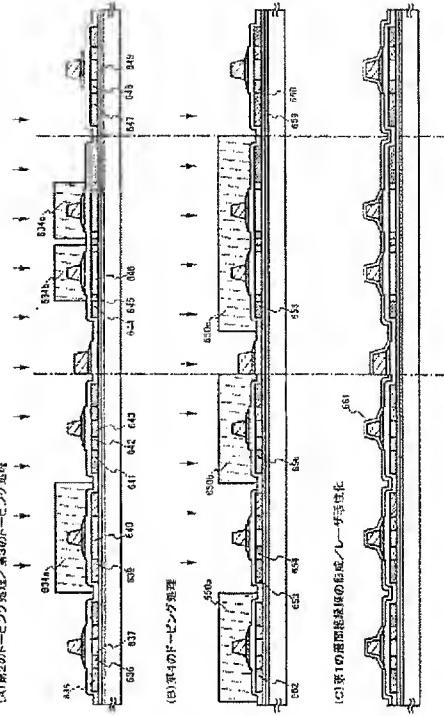
[図24]



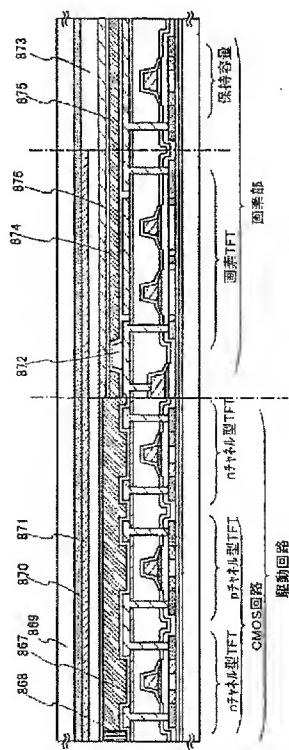
【図28】



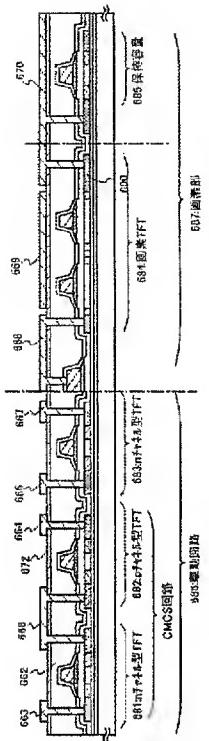
【図25】



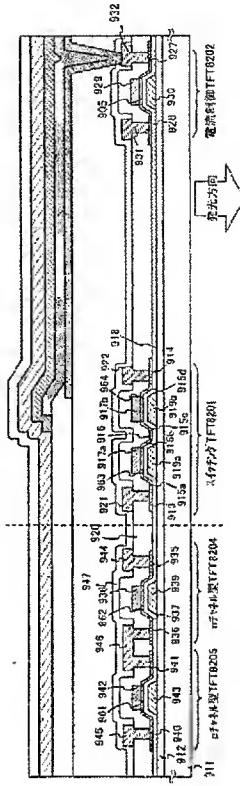
【図27】



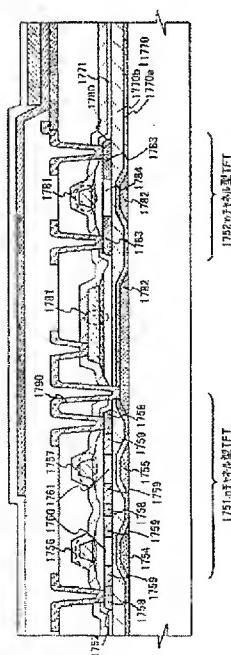
【図26】



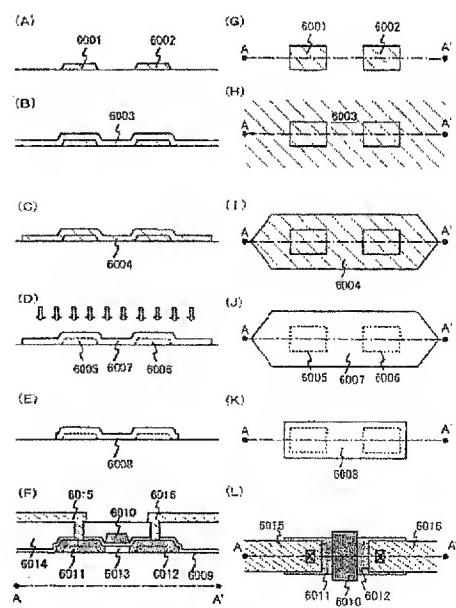
【図29】



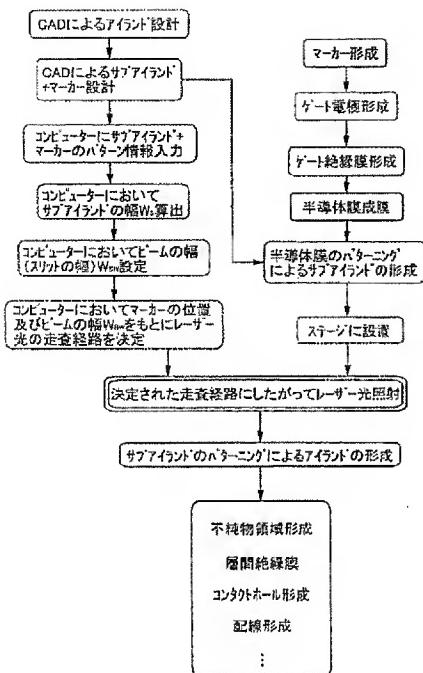
[図31]



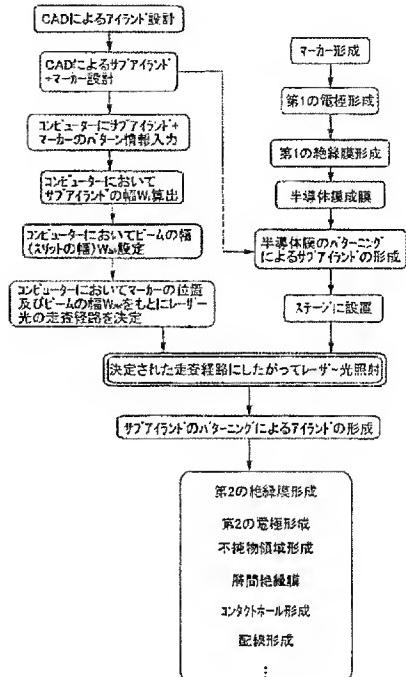
[図34]



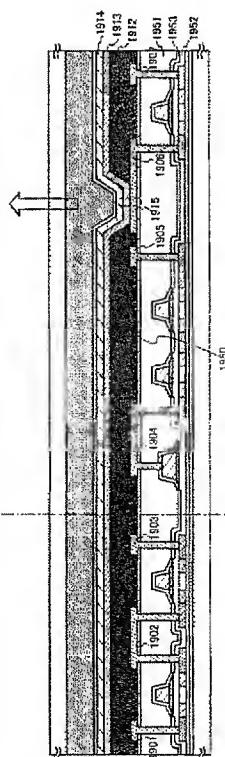
【図30】



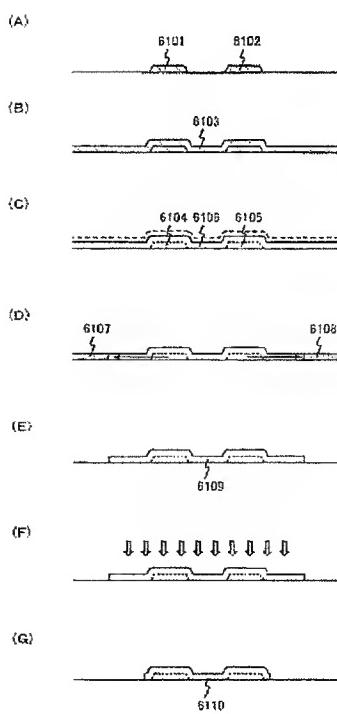
【図32】



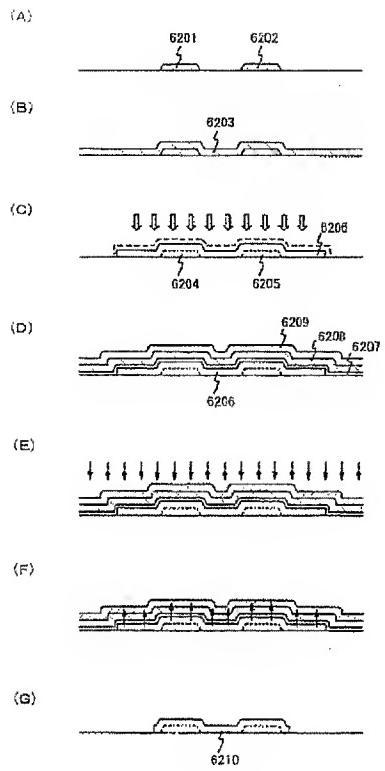
【図33】



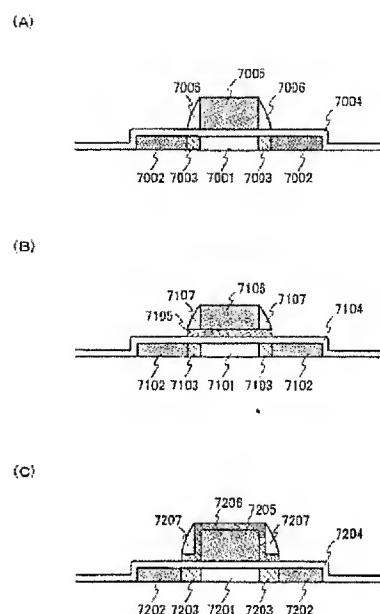
【図35】



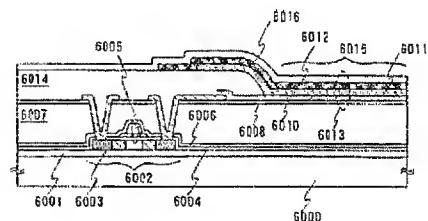
【図36】



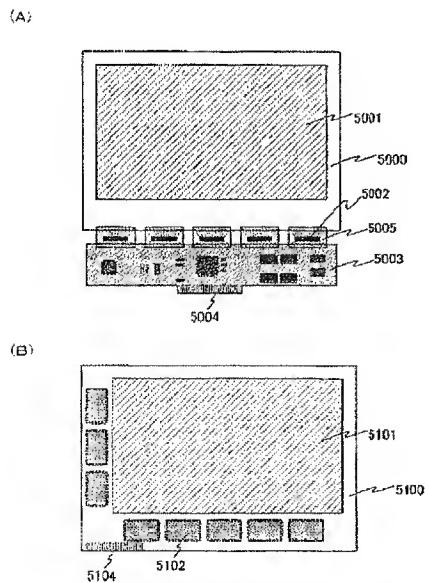
【図37】



【図41】



【図40】



フロントページの続き

(72) 発明者 秋葉 麻衣

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

Fターム(参考) 5F052 AA02 AA17 AA24 BA12 BA15 BA18 BB01 BB02 BB04 BB05
BB07 DA02 DB02 DB03 DB07 EA12 EA16 FA06 FA22 JA01
JA04
5F110 AA30 BB02 BB04 CC02 DD01 DD02 DD03 DD05 DD13 DD14
DD15 DD17 EE01 EE02 EE03 EE04 EE05 EE06 EE09 EE14
EE15 EE28 EE31 EE44 EE45 FF02 FF03 FF04 FF09 FF28
FF30 FF36 GG01 GG02 GG13 GG25 GG32 GG43 GG45 GG47
HJ01 HJ04 HJ12 HJ13 HJ23 HL01 HL02 HL03 HL04 HL06
HL11 HL12 HM15 NN03 NN04 NN22 NN27 NN34 NN35 NN72
NN73 PP01 PP02 PP03 PP05 PP06 PP07 PP34 PP35 PP40
QQ04 QQ11 QQ23 QQ24 QQ25 QQ28